

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-51548

(43) 公開日 平成9年(1997)2月18日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 9/64			H 0 4 N 9/64	F
G 0 2 F 1/01			G 0 2 F 1/01	D
G 0 9 G 3/20		4237-5H	G 0 9 G 3/20	K
5/06		9377-5H	5/06	

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平7-219782

(22) 出願日 平成7年(1995)8月4日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 内山 隆

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 茂出木 敏雄

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

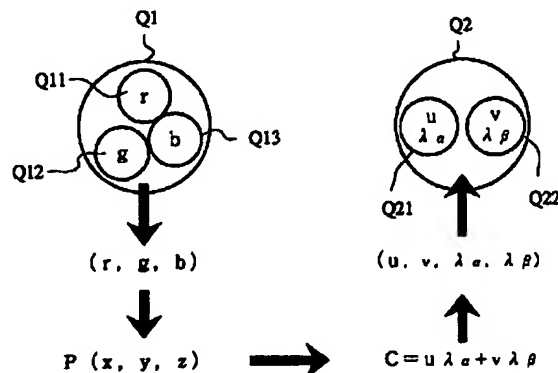
(74) 代理人 弁理士 志村 浩

(54) 【発明の名称】 単色光を用いたカラー画像の表示方法／表示媒体／表示装置

(57) 【要約】

【課題】 表示輝度および解像度を向上させ、色ずれの発生を抑えることができるカラー画像の表示方法を提供する。

【解決手段】 従来のRGB表色系における表示画素Q1のもつ画素値(r, g, b)を、XYZ表色系における画素値(x, y, z)に変換し、XYZ色立体内において、点P(x, y, z)をプロットする。この点P(x, y, z)に相当する合成色Cを、ベクトル合成式 $C = u \cdot \lambda \alpha + v \cdot \lambda \beta$ で表わす。ここで、 $\lambda \alpha$ および $\lambda \beta$ は任意の単色光を示すベクトルであり、u, v は係数である。画素Q2内に2つの副画素Q21, Q22を定義し、副画素Q21内に単色光 $\lambda \alpha$ を輝度uで表示し、副画素Q22内に単色光 $\lambda \beta$ を輝度vで表示すると、画素Q2全体としては、画素Q1と同等の色表示がなされているように観察される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の画素からなるカラー画像を表示する方法において、

個々の画素を、少なくとも2つの副画素によって表現し、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ を第1の輝度もしくは濃度 u で表示し、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ を第2の輝度もしくは濃度 v で表示し、個々の画素ごとに、用いる単色光およびその輝度もしくは濃度をそれぞれ独立して設定することを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項2】 請求項1に記載の表示方法において、可視波長域の単色光を正の画素値によって表現することができる三原色表色系を定義し、この三原色表色系で個々の画素を表現したカラー画像を用意する段階と、前記三原色表色系の色立体内において、任意の単色光 $\lambda\alpha$ を示すベクトル $\lambda\alpha$ と任意の単色光 $\lambda\beta$ を示すベクトル $\lambda\beta$ とを用いたベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」によって示される種々の合成色のうち、前記カラー画像を構成する個々の画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を、当該画素に対応づける段階と、

前記カラー画像を構成する個々の画素について、それぞれ対応づけられた合成色を示すベクトル合成式の各因数「 u 、 $\lambda\alpha$ 、 v 、 $\lambda\beta$ 」を参照して、第1の副画素に表示する第1の単色光 $\lambda\alpha$ およびその輝度 u と、第2の副画素に表示する第2の単色光 $\lambda\beta$ およびその輝度 v とを決定する段階と、を有することを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項3】 請求項2に記載の表示方法において、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」におけるベクトル $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\beta$ に相当する単色光として可視波長域内に有限個の単色光を定義するとともに、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」における係数 u および v の採るべき値として有限個の離散値を定義し、これら有限個の単色光および離散値に基づいて有限個の合成色を定義し、前記有限個の合成色のうち、カラー画像を構成する画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を選択し、選択した合成色を当該画素に対応づけるようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項4】 請求項3に記載の表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 u に応じた表示領域内に配置した第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 v に応じた表示領域内に配置した第2の副画素と、を用意し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項5】 請求項3に記載の表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長をもったビームを係数 u に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長をもったビームを係数 v に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第2の副画素と、を形成し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項6】 複数の画素からなるカラー画像を表示した媒体において、個々の画素が、少なくとも2つの副画素によって表現され、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ が第1の輝度もしくは濃度 u で表示され、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ が第2の輝度もしくは濃度 v で表示され、用いられている単色光およびその輝度もしくは濃度が、個々の画素ごとにそれぞれ独立していることを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示媒体。

【請求項7】 請求項6に記載の表示媒体において、個々の副画素内に、単色光を発する性質をもった表示領域を定義し、この表示領域の面積によって表示すべき単色光の輝度を調節するようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示媒体。

【請求項8】 請求項6に記載の表示媒体において、個々の副画素内に、所定の面積をもった表示領域を定義し、この表示領域内に、表示すべき単色光に応じたピッチの回折格子を形成したことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示媒体。

【請求項9】 複数の画素からなるカラー画像を表示する装置において、

所定の可視波長域にわたって波長を連続的にもしくは離散的に変調させることができ、単色光をビーム状にして発生させる機能をもった単色光光源と、

この単色光光源で発生した単色光の強度を連続的にもしくは離散的に変調する機能をもった強度変調器と、

この強度変調器によって変調された単色光ビームを所定の表示面に照射し、この表示面上に単色光ビームのスポットを形成し、このスポットを前記表示面上で走査することにより、前記表示面上にスポットからなる多数の画素を形成するビーム走査装置と、

前記単色光光源に所定の波長指定信号を与えることにより、発生させる単色光波長を指定する波長変調制御と、前記強度変調器に所定の強度指定信号を与えることにより、単色光ビームの強度を指定する強度変調制御と、を行う機能をもった制御装置と、

を備え、

前記制御装置が、第1の単色光波長と第1の強度とを指定する第1の制御と、第2の単色光波長と第2の強度とを指定する第2の制御と、を実行することにより、前記

10

20

30

40

50

表示面上に1つの画素が形成されるようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は単色光を用いたカラー画像の表示方法／表示媒体／表示装置に関し、特に、複数の画素からなるカラー画像を表示するための手法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、カラー画像は、複数の画素の集合として表示され、1つの画素は三原色によって表現される。このとき用いられる三原色は、表示媒体によって異なる。すなわち、CRTや液晶表示装置などのいわゆるディスプレイを表示媒体として用いた場合には、RGB三原色表色系を利用し、紙面などの印刷媒体を表示媒体として用いた場合には、CMY三原色表色系（およびこれにKを加えたもの）を利用するのが一般的である。このような三原色表色系を利用したカラー画像の表示方法は、人間の眼に対して天然色に近い画像を提示することができるため、非常に広い分野において利用されている。

【0003】また、最近では、回折格子からなる画素の集合により、カラー画像を表示する手法も提案されている。たとえば、特開平3-206401号公報や、特願平6-177504号明細書などには、RGB三原色表色系を利用し、回折格子からなる画素を平面上に配置することにより、カラー画像を回折格子によって表示する手法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】三原色表色系を利用してカラー画像を表示する場合、1つの画素を3つの色で表示する必要がある。ところが、3つの色を平面上において物理的に重ねることができない場合には、1つの画素を3つの副画素に分割し、個々の副画素内にそれぞれの色を提示する必要がある。たとえば、カラーディスプレイ装置などでは、1つの画素は3つの副画素から構成され、個々の副画素にはそれぞれR、G、Bの色表示がなされることになる。また、回折格子によって表現されたカラー画像では、やはり1つの画素は3つの副画素から構成され、個々の副画素にはそれぞれR、G、Bの回折光を発生させる回折格子が形成されることになる。このように、1画素を3つの副画素に分割し、各副画素の提示する合成色として所定色を表示すると、1画素全体で所定色を提示する場合に比べて、輝度が1/3に低下することになる。また、解像度の限界が、1画素の大きさではなく1副画素の大きさによって支配されることになるため、解像度も1/3に低下することになる。

【0005】この三原色表色系を利用してカラー画像を表示する方法のもうひとつの問題点は、色ずれが生じやすいという点である。たとえば、CRTディスプレイ装

置では、いわゆるコンバージョンずれという現象が生じることが知られており、また、印刷では、いわゆる色間見当ずれという現象が生じることが知られている。

【0006】そこで本発明は、表示輝度および解像度を向上させることができ、また、色ずれの発生を抑えることができるカラー画像の表示方法／表示媒体／表示装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の第1の態様は、複数の画素からなるカラー画像を表示する方法において、個々の画素を、少なくとも2つの副画素によって表現し、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ を第1の輝度もしくは濃度 u で表示し、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ を第2の輝度もしくは濃度 v で表示し、個々の画素ごとに、用いる単色光およびその輝度もしくは濃度をそれぞれ独立して設定するようにしたものである。

【0008】(2) 本発明の第2の態様は、上述の第1の態様に係る表示方法において、可視波長域の単色光を正の画素値によって表現することができる三原色表色系を定義し、この三原色表色系で個々の画素を表現したカラー画像を用意する段階と、この三原色表色系の色立体内において、任意の単色光 $\lambda\alpha$ を示すベクトル $\lambda\alpha$ と任意の単色光 $\lambda\beta$ を示すベクトル $\lambda\beta$ とを用いたベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」によって示される種々の合成色のうち、カラー画像を構成する個々の画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を、当該画素に対応づける段階と、カラー画像を構成する個々の画素について、それぞれ対応づけられた合成色を示すベクトル合成式の各因数「 u 、 $\lambda\alpha$ 、 v 、 $\lambda\beta$ 」を参照して、第1の副画素に表示する第1の単色光 $\lambda\alpha$ およびその輝度 u と、第2の副画素に表示する第2の単色光 $\lambda\beta$ およびその輝度 v とを決定する段階と、を行うようにしたものである。

【0009】(3) 本発明の第3の態様は、上述の第2の態様に係る表示方法において、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」におけるベクトル $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\beta$ に相当する単色光として可視波長域内に有限個の単色光を定義するとともに、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」における係数 u および v の採るべき値として有限個の離散値を定義し、これら有限個の単色光および離散値に基づいて有限個の合成色を定義し、定義した有限個の合成色のうち、カラー画像を構成する画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を選択し、選択した合成色を当該画素に対応づけるようにしたものである。

【0010】(4) 本発明の第4の態様は、上述の第3の態様に係る表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 u に

応じた表示領域内に配置した第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 v に応じた表示領域内に配置した第2の副画素と、を用意し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたものである。

【0011】(5) 本発明の第5の態様は、上述の第3の態様に係る表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長をもったビームを係数 u に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長をもったビームを係数 v に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第2の副画素と、を形成し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたものである。

【0012】(6) 本発明の第6の態様は、複数の画素からなるカラー画像を表示した媒体において、個々の画素を、少なくとも2つの副画素によって表現し、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ が第1の輝度もしくは濃度 u で表示され、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ が第2の輝度もしくは濃度 v で表示され、用いられている単色光およびその輝度もしくは濃度が、個々の画素ごとにそれぞれ独立しているようにしたものである。

【0013】(7) 本発明の第7の態様は、上述の第6の態様に係る表示媒体において、個々の副画素内に、単色光を発する性質をもった表示領域を定義し、この表示領域の面積によって表示すべき単色光の輝度を調節するようにしたものである。

【0014】(8) 本発明の第8の態様は、上述の第6の態様に係る表示媒体において、個々の副画素内に、所定の面積をもった表示領域を定義し、この表示領域内に、表示すべき単色光に応じたピッチの回折格子を形成したものである。

【0015】(9) 本発明の第9の態様は、複数の画素からなるカラー画像を表示する装置において、所定の可視波長域にわたって波長を連続的にもしくは離散的に変調させることができ、単色光をビーム状にして発生させる機能をもった単色光光源と、この単色光光源で発生した単色光の強度を連続的にもしくは離散的に変調する機能をもった強度変調器と、この強度変調器によって変調された単色光ビームを所定の表示面に照射し、この表示面上に単色光ビームのスポットを形成し、このスポットを表示面上で走査することにより、表示面上にスポットからなる多数の画素を形成するビーム走査装置と、単色光光源に所定の波長指定信号を与えることにより、発生させる単色光波長を指定する波長変調制御と、強度変調器に所定の強度指定信号を与えることにより、単色光ビームの強度を指定する強度変調制御と、を行う機能をもった制御装置と、を設け、制御装置が、第1の単色光波長と第1の強度とを指定する第1の制御と、第2の単色

光波長と第2の強度とを指定する第2の制御と、を実行することにより、表示面上に1つの画素が形成されるようにしたものである。することにより、表示面上に1つの画素が形成されるようにしたものである。

【0016】

【発明の実施の形態】

<<<三原色表色系>>>ここでは、本発明をその基本原理に基づいて説明しながら実施の形態について述べることにする。図1は、CRTなどのディスプレイ装置へカラー画像を表示する場合に一般に利用されているRGB表色系の色立体を示す図である。この色立体は、R、G、Bの三座標軸をもった三次元座標系内に定義された立方体であり、この色立体内の1点Pは、R、G、Bの三原色の合成によって現される1つの色を示すことになる。たとえば、図示の1点Pは、この色立体内の座標値(r_p, g_p, b_p)を有しており、輝度値(もしくは濃度値、以下同様) r_p をもった原色Rと、輝度値 g_p をもった原色Gと、輝度値 b_p をもった原色Bと、の混合色として表現される色を示している。

【0017】この図1に示す色立体内の点は、いずれも0~1の範囲内の座標値をとるが、この色立体内の点だけによってすべての色が表現できるわけではなく、色立体外の点によって表現される色も存在する。たとえば、図1において、色立体外の1点Qは、この色立体外の座標値($r_q, g_q, -b_q$)を有しており、特に、B座標値は負の値をとっている。このように、負の座標値を含んだ1点Qによっても何らかの色が理論的には対応することになるが、実際には、このような色を三原色RGBで再現することは不可能である。このことは、次のような例を考えれば容易に理解できる。いま、RGBなる3本の光ビームを用意して、これを所定の表示面に照射したとする。このとき、光ビームRの強度を r_p とし、光ビームGの強度を g_p とし、光ビームBの強度を b_p とすれば、この3本の光ビームによって表示面に形成される3つのスポットを合成することにより、図1の色立体内の1点Pに対応する色を再現することはできる。同様に、図1の色立体外の1点Qに対応する色を再現するためには、光ビームBの強度を $-b_q$ とする必要があるが、実際には、光ビームの強度を負の値にすることは物理的にはできないので、結局、1点Qに対応する色はRGBなる三原色の組み合わせによっては再現できないことになる。

【0018】三原色表色系としては、この他にもCMY表色系など、いくつかの表色系が知られているが、どの表色系を採用するかによって、実用上再現できる色が若干異なってくることになる。RGB表色系としては、国際照明委員会(CIE)が1931年にその基準を制定している。このCIEが制定したRGB表色系では、 $R=700\text{nm}$ 、 $G=546.1\text{nm}$ 、 $B=435.8\text{nm}$ と、三原色RGBの基準波長が定められており、国際

的な基準となっている。しかしながら、このRGB表色系では、可視波長域内の単色光スペクトルをすべて表現することはできない。図1に示すスペクトル閉曲線Sは、380nm～660nmに至るまでの単色光（単一の波長をもった光）の色に対応する点を結んで得られた閉曲線であるが、その一部は、座標値が負をとる空間へはみ出している。したがって、RGB表色系では、表現することができない可視波長域内の単色光が存在することになる。CMY表色系でも同様に、表現することができない可視波長域内の単色光が存在する。

【0019】そこで、RGB表色系やCMY表色系に代わるXYZ表色系なるものが知られている。図2は、このXYZ表色系の色立体を示す図である。この色立体は、X、Y、Zの三座標軸をもった三次元座標系内に定義された立方体であり、この色立体内の1点Pは、X、Y、Zの三原色の合成によって表される1つの色を示すことになる。たとえば、図示の1点Pは、この色立体内の座標値（ x_p , y_p , z_p ）を有しており、輝度値 x_p をもった原色Xと、輝度値 y_p をもった原色Yと、輝度値 z_p をもった原色Zと、の混合色として表現される色を示しており、同様に、1点Qは、この色立体内の座標値（ x_q , y_q , z_q ）を有しており、輝度値 x_q をもった原色Xと、輝度値 y_q をもった原色Yと、輝度値 z_q をもった原色Zと、の混合色として表現される色を示している。ここで、図1に示すRGB表色系内の点P、Qと、図2に示すXYZ表色系内の点P、Qとは、それぞれ同一の色を表現しているにもかかわらず、各表色系における座標値は、それぞれ異なることになる。図示の例では、点Qは、RGB表色系では色立体外の点であるが、XYZ表色系では色立体内の点となっている。

【0020】ここで留意すべき点は、このXYZ表色系においては、可視波長域に相当する380nm～660nmに至るまでの単色光（単一の波長をもった光）の色に対応する点を結んで得られたスペクトル閉曲線Sが、X軸、Y軸、Z軸がいずれも正の値をとる象限内に位置*

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.2 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0 & 0.01 & 0.99 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

なる式によって一義的に行うことができる。すなわち、図1に示すRGB表色系における点P（ r , g , b ）によって表現された色（RGB表色系の色）をXYZ表色系の色に変換するには、上述の式に（ r , g , b ）の実際の値を代入して（ x , y , z ）の値を計算すればよい。得られた（ x , y , z ）が、図2に示すXYZ表色系における点P（ x , y , z ）の座標値となる。したがって、RGB表色系で表現された画像データを、XYZ表色系で表現された画像データに変換するには、個々の画素のもつ画素値（ r , g , b ）を、上式に基づいて画

* するという点である。別言すれば、このスペクトル閉曲線S上の点の3軸座標値はいずれも正の値をとるので、可視波長域内の単色光の色は、必ずXYZ表色系によって実際に再現することができることになる。参考のために、425nm～660nmまでの単色光についてのXYZ表色系における輝度値（ x , y , z ）の具体的な数値を以下の表に示しておく。

【0021】

【表1】

λ	x	y	z
425	0.2647	0.0295	1.2825
450	0.3707	0.0895	1.9948
475	0.1323	0.2199	1.0302
500	0.0038	0.4608	0.2185
525	0.1730	0.8233	0.0431
550	0.5298	0.9918	0.0040
575	0.9512	0.9152	0.0000
600	1.1240	0.6583	0.0000
625	0.7549	0.3396	0.0000
650	0.2683	0.1076	0.0000

（波長 λ ：単位nm）

なお、三原色X、Y、Zは、それぞれ三原色R、G、Bに近い色になるが、このXYZ表色系自体は、仮想的な加色混合系の基準色に基づく表色系というべきものであり、三原色X、Y、Zはいずれも可視単色光にはならず、また、このXYZ表色系内には人間の眼には認識できない色も含まれていることになる。

【0022】RGB表色系からXYZ表色系への変換は、

【0023】

【数1】

素値（ x , y , z ）に変換すればよい。

【0024】<<<二次元色度図上における色合成>>>ところで、図2に示すような三次元座標系を用いた色表現は、三次元空間上での表現になるため、紙面上での議論を行う上では不便である。そこで、3つの座標値の和が1となるような規格化を行い、このXYZ表色系を二次元平面上に表現する手法が一般に利用されている。図3に示すXY色度図は、このような手法を用いて、図2に示すXYZ表色系を二次元平面上に表現したものである。たとえば、図2における点P（ x_p , y_p , z

p)については、

$$x = x_p / (x_p + y_p + z_p)$$

$$y = y_p / (x_p + y_p + z_p)$$

なる規格化によって、 x 、 y が求められ、図3に示すXY色度図上で、二次元座標値(x 、 y)に相当する位置に対応点がプロットされることになる。図2に示したスペクトル閉曲線Sも、図3のXY色度図上では二次元の閉曲線になる。この図3のXY色度図では、ほぼU字状のスペクトル閉曲線S上に、波長420nm~660nmの区間の単色光の位置を20nmおきにプロットして示した。ここで、短波長側の端点(420nmの点)と長波長側の端点(660nmの点)とが直線で結ばれ、スペクトル閉曲線Sによって閉領域が形成されているが、このスペクトル閉曲線S内部の閉領域内の任意の点に相当する色は単色光ではなく、複数の単色光を合成することによって得られる合成色になる。そして、この閉領域内の任意の点に相当する色は、スペクトル閉曲線S上の所定の3点に相当する3つの単色光を合成することによって表現できることが知られている。

【0025】一方、スペクトル閉曲線S上の所定の2点に相当する2つの単色光を合成すると、その2点を結ぶ線分L上の色が表現できることが知られている。この原理を図4のXY色度図に示す。この図4の例では、スペクトル閉曲線S上の1点 λ_α (波長500nmの単色光)と1点 λ_β (波長580nmの単色光)とが選択されており、両点間に線分Lが引かれている。この場合、線分L上の任意の点に相当する色は、点 λ_α に相当する波長500nmの単色光と点 λ_β に相当する波長580nmの単色光とを合成することにより表現できることになる。合成された色が、線分L上のどの色になるかは、合成比に基づいて決定される。すなわち、波長500nmの単色光の合成比を高めれば高めるほど、点 λ_α に近い色が表現され、波長580nmの単色光の合成比を高めれば高めるほど、点 λ_β に近い色が表現されることになる。

【0026】ところで、スペクトル閉曲線S上の任意の2点を結ぶ線分Lは無数に存在し、幾何学的には、スペクトル閉曲線Sで囲まれた閉領域内の任意の点を通る線分Lは無数に存在する。したがって、この閉領域内の任意の点の色(人間が認識可能なすべての色がここに含まれている)は、必ず、スペクトル閉曲線S上の2点に相当する単色光の合成によって表現することができ、しかも、その2つの単色光の組み合わせは無限に存在する。したがって、原理的には、たった2種類の単色光を用いたとしても、この閉領域内のすべての色を表現することが可能であり、しかもその自由度はかなり高いことになる。この自由度の高さに着目すれば、2種類の単色光のうち一方を固定したとしても、閉領域内のすべての色を表現することが可能であることがわかる。図5は、このように、一方の単色光を固定した場合の色表現方法を

示すXY色度図である。この例では、第1の単色光の波長 λ_α を420nmに固定している。このように、第1の単色光の波長 λ_α が固定されていたとしても、第2の単色光の波長 λ_β が自由であれば、この閉領域内のすべての色を表現することが可能である。なぜなら、第2の単色光の波長 λ_β は自由に設定できるので、線分の一方の端点 λ_α は固定されていたとしても、もう一方の端点 λ_β はスペクトル閉曲線S上を自由に動けるからである。

【0027】これは、スペクトル閉曲線Sで囲まれた閉領域内の任意の点に相当する色は、420nmの単色光と、もう1つの別な単色光とを合成することにより表現できることを意味する。このような原理が正しいことは、図6に示す人間の眼球内の錐体の分光感度特性からもわかる。一般に、人間の眼球内には、RGBの三原色による刺激を受ける3種類の錐体が存在し、これらの錐体の分光感度特性 S_R 、 S_G 、 S_B は、図6のグラフに示すようになることが知られている。ここで、感度特性 S_R 、 S_G は互いに重複しており、同一の単色光で2つの錐体に同時に刺激を与えることができることがわかる。また、感度特性 S_B のピーク位置は、図に破線で示すようにほぼ420nm付近に位置している。そこで、420nmという波長固定の単色光 λ_α により感度特性 S_B をもつ錐体に対する刺激を与え、波長可変の単色光 λ_β により感度特性 S_R をもつ錐体および感度特性 S_G をもつ錐体に対する刺激を与えるようにすれば、2つの単色光によって、3つの錐体のすべてに対して刺激を与えることができ、人間が認識できるほぼすべての色を表現することができることになる。本発明の基本的な着想は、このような原理により、2つの単色光の合成によって色表現を行う点にある。

【0028】<<<三次元ベクトルによる色合成>>>このように、2つの単色光の合成によって色表現を行う方法は、三次元座標系においてはベクトル合成として説明できる。たとえば、図7に示すXYZ表色系において、色立体内の任意の色を、原点Oからのベクトルで表すことにする。すなわち、スペクトル閉曲線S上の点P(x_α 、 y_α 、 z_α)に相当する単色光の色は、原点Oからこの点へ向かうベクトル λ_α によって表現され、同じくスペクトル閉曲線S上の別な点P(x_β 、 y_β 、 z_β)に相当する単色光の色は、原点Oからこの点へ向かうベクトル λ_β によって表現される(なお、本明細書では、電子出願の制約からベクトル記号は省略することとし、記号「 λ_α 、 λ_β 」は、特定の単色光もしくはその波長を示す記号としても、また、色立体上におけるこの単色光に相当する点を示すベクトルとしても、用いることにする)。ここで、ベクトル λ_α 、 λ_β と、所定の係数 u 、 v を用いたベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda_\alpha + v \cdot \lambda_\beta$ 」を考えると、このベクトル合成式で表されるベクトルCは、2つの単色光 λ_α 、 λ_β の合成によって表現

される合成色 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ を示すものになる。なお、上記ベクトル合成式において、係数 u, v のいずれか一方が零、他方が1の場合、ベクトル C の示す合成色は単色光自身を示すことになる。そこで、本明細書において「合成色」なる文言は、「単色光の色」をも含んだ広い意味で用いることにする。

【0029】既に述べたように、RGB表色系とは異なり、XYZ表色系は、可視波長域の単色光をすべて正の座標値によって表現することができる三原色表色系であるため、ベクトル $\lambda\alpha, \lambda\beta$ はいずれも正の座標値をもった (x, y, z) の組み合わせで表現できる。また、図4あるいは図5のXY色度図における閉領域内の色

(人間が認識できるすべての色) も正の座標値をもった (x, y, z) の組み合わせで表現でき、これらの色を上記ベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」で表した場合、係数 u, v は必ず正の値になる。ちなみに、RGB表色系で同様のベクトル合成を試みると、 (r, g, b) の組み合わせで表現される特定の色をベクトル合成しようとした場合、係数 u, v が負の値をとる場合が生じ、実用上、支障を生じることになる。なぜなら、係数 u, v は、それぞれ単色光 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ の輝度値を示すものであるから、負の値をとった場合、そのような単色光を現実的に生成することができなくなるからである。本発明において、個々の画素の色をXYZ表色系で表現するのは、このような理由によるものである。

【0030】結局、XYZ表色系における (x, y, z) なる画素値で表現される色は、2つの単色光 $\lambda\alpha$ と $\lambda\beta$ との合成色で表わすことができる。具体的に、2つの単色光の組み合わせを求めるには、次のような方法を採ればよい。まず、図7に示すようなXYZ表色系の色立体内において、任意の単色光 $\lambda\alpha$ を示すベクトル $\lambda\alpha$ と任意の単色光 $\lambda\beta$ を示すベクトル $\lambda\beta$ とを用いたベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」によって示されるベクトル C に相当する種々の合成色を考える。これらの合成色は、色立体内では、ベクトル C の矢印の先端位置の点として表わされることになる。また、XYZ表色系における (x, y, z) なる画素値をもった画素は、色立体内では、点 $P(x, y, z)$ で示される位置の点として表わされる。そこで、矢印の先端位置が、点 $P(x, y, z)$ と同一位置を占めるようなベクトル C を求め、このベクトル C についてのベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」を参照すれば、特定の2つの単色光 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ の組み合わせと、その合成比を示す係数 u, v が求まる。

【0031】<<<有限個の単色光および離散値をとる係数>>>図4のXY色度図に示されているように、スペクトル閉曲線 S で囲まれた閉領域内の任意の点を通る線分 L は、理論的には無数に存在する。これは、線分 L の両端点となる単色光 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ として、理論上は、スペクトル閉曲線 S のU字状部分の任意の点(すなわち、

420nm~650nmという連続波長域内の任意の波長)をとることができるからである。しかしながら、実用上は、このような無限種類の単色光を用いてカラー画像の表示を行うことは困難である。特に、後述するように、回折格子を用いて単色光を表現するような場合には、無限種類の回折格子を用意することは非常に困難であり、実用上は、有限種類の回折格子に限定する必要がある。そこで、後述する例では、波長425nmの単色光~波長650nmの単色光に至るまで、25nmごとのステップで10種類の単色光を定義している。図8は、このようにして定義された10種類の単色光を、XY色度図内にプロットしたものである。

【0032】用いる単色光を、このような10種類に限定してしまうと、線分 L を構成する両端点は、この10種類の単色光の中から選択する必要があるため、10種類の中から2つを選択する組み合わせ、すなわち合計でも45通りの組み合わせしかなくなる。図8に示されている45本の線分は、この組み合わせを示すものである。そして、この10種類の単色光のみを用いた場合には、この45本の線分上の点に相当する色しか表現できないことになる。

【0033】また、これまでは、2つの単色光 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ を合成するときの係数 u, v は、連続値をとることができるという前提で説明を行ってきたが、回折格子を用いて単色光を表現するような場合は、後述するように、これらの係数 u, v が離散値をとるようにせざるを得ない。後述する例では、係数 u, v は、 $0, 1/31, 2/31, 3/31, 4/31, \dots, 30/31, 31/31$ という合計32通りの離散値のいずれかをとる ($0 \leq u, v \leq 1$)。

【0034】このように、有限個の単色光および離散値をとる係数を用いることを前提とすると、XYZ表色系において (x, y, z) なる任意の画素値をもった色と完全に同一の色を、2つの単色光で正確に表現することはできなくなる。たとえば、図9に示すように、XYZ表色系の色立体内において、点 $P(x, y, z)$ で示される位置の点として表わされる画素色があったとしても、矢印の先端位置が、この点 $P(x, y, z)$ と完全に同一の位置を占めるようなベクトル C は、必ずしも存在しないことになる。このような場合は、矢印の先端位置が、この点 $P(x, y, z)$ の近傍位置を占めるようなベクトル C を代用することになる。図9の例では、ベクトル C の矢印の先端位置は点 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ であり、点 $P(x, y, z)$ とは完全には一致していないが、両者の距離 d は許容誤差範囲内であり、点 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ は、点 $P(x, y, z)$ の近傍の点ということができる。そこで、このベクトル C についてのベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」を参照し、2つの単色光 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ を、それぞれ係数 u, v に応じた輝度で表示することにより、点 P

(x, y, z) に相当する画素色を近似的に表現することになる。

【0035】 上述の例の場合、2つの単色光 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ は、いずれも予め定義した10種類の単色光のうちのいずれかであり、2つの係数 u, v のとりべき値は、32通りの離散値のいずれかになる。したがって、2つの単色光として、10種類の単色光の中から同一の単色光の選択を許すことにすれば、ベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」で表わされるベクトル C は、 $(32 \times 10 + 32 \times 10) = 320^2$ 通り存在することになる。すなわち、図9において、 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ に相当する点が 320^2 通り存在することになるので、この 320^2 通りの点の中から、所定点 $P(x, y, z)$ に一致する点もしくは近傍の点を1つだけ選択すればよい。別言すれば、ベクトル合成によって合成された 320^2 通りの合成色の中から、所定点 $P(x, y, z)$ で示される画素色に対応づける合成色を1つだけ選択すればよい。

【0036】 このような選択を行うための第1の方法は、 320^2 通りの合成色を示す点のそれぞれについて、所定点 $P(x, y, z)$ に対する色立体内における空間距離 d を計算し、この空間距離 d が最も小さい合成色を選択する方法である。同様の選択を行うための第2の方法は、予め許容誤差範囲 E を定めておき、空間距離 d が $d < E$ を満足するような合成色が見つかったら、直ちにその合成色を選択する方法である。この第2の方法では、 $d < E$ なる条件を満たす最初の合成色が選択されることになる。

【0037】 第1の方法を採れば、理論的には最も近い合成色が選択されることになるのに対し、第2の方法を採れば、必ずしも最も近い合成色は選択されない。しかしながら、実用上は、必ずしも第1の方法が優れているということではできない。第1の方法では、 320^2 通りの合成色のすべてについて空間距離 d を求める演算を行う必要があるため、演算負担が膨大なものになるのに対し、第2の方法では、許容誤差範囲 E としてある程度の値を設定しておけば、比較的早く合成色の選択が行われる可能性があり、条件を満たす合成色が得られれば、残りの合成色についての演算を行う必要がないので、演算負担は軽減される。

【0038】 また、第1の方法に対して第2の方法が有するもうひとつのメリットは、実用上、より好ましい合成色を選択できる可能性がある点である。たとえば、所定の画素色の近傍にある合成色を1つだけ選択する場合に、第1候補の合成色と画素色との空間距離が d_1 であり、第2候補の合成色と画素色との空間距離が d_2 であったとする。そして、この場合に $d_1 < d_2$ だったとすると、理論的には、第1候補の合成色が画素色に最も近い色であり、上述の第1の方法によれば、第1候補の合成色が選択されることになる。ところが、第1候補の合

成色では、 $u = 1/31, v = 2/32$ と係数値がいずれも零に近いのに対し、第2候補の合成色では、 $u = 30/31, v = 28/32$ と係数値がいずれも1に近い場合、実用上は、第2候補の合成色を選択した方が好ましい。なぜなら、係数値 u, v は、単色光を表示するときの輝度もしくは濃度を示す値であるから、鮮明な画像表示を行う上では、できるだけ大きな値のものを用いるのが好ましいからである。第2の方法において、係数値 u, v の大きな合成色から順番に空間距離の計算と条件判断を行うようにしておけば、上述の例での第2候補の合成色が、 $d < E$ なる条件を満足するものであった場合には、第2候補の合成色が選択されることになるのである。

【0039】 <<<本発明に係るカラー画像の表示方法の概要>>>続いて、図10を参照しながら、本発明に係るカラー画像の表示方法の概要を説明する。ここでは、RGB表色系で表現された原画像が存在する場合に、この原画像に基づいて本発明に係るカラー画像表示を行う処理の概要を説明する。RGB表色系で表現された原画像では、個々の画素について、画素値(r, g, b)が定義されている。このような画素 Q_1 をCRTディスプレイなどに表示するには、図10の左上に示すように、画素 Q_1 内に3つの副画素 Q_{11}, Q_{12}, Q_{13} を定義し、副画素 Q_{11} 内に原色Rを輝度 r で表示し、副画素 Q_{12} 内に原色Gを輝度 g で表示し、副画素 Q_{13} 内に原色Bを輝度 b で表示することになる。ところが、このような表示方法では、1画素が3つの副画素に分割されるため、全体的な輝度や解像度が低下し、また、3原色間の色ずれが生じるという問題があることは既に述べたとおりである。

【0040】 そこで、RGB表系の画素値(r, g, b)を、XYZ表系の画素値(x, y, z)に変換し、図9に示すようなXYZ表系の色立体内に点 $P(x, y, z)$ を求める。このような(r, g, b) \rightarrow (x, y, z)の変換は、前述した式に基づいて一義的に行うことができる。次に、前述した方法により、この点 $P(x, y, z)$ と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を求め、この合成色をもとの画素 Q_1 に対応づける。そして、この対応づけられた合成色についてのベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」の各因数「 $u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$ 」を参照して、第1の副画素に表示する第1の単色光 $\lambda\alpha$ およびその輝度 u と、第2の副画素に表示する第2の単色光 $\lambda\beta$ およびその輝度 v とを決定する。そして最後に、図10の右上に示すように、画素 Q_2 内に2つの副画素 Q_{21}, Q_{22} を定義し、第1の副画素 Q_{21} 内に第1の単色光 $\lambda\alpha$ を輝度 u で表示し、第2の副画素 Q_{22} 内に第2の単色光 $\lambda\beta$ を輝度 v で表示する。

【0041】 図10に示す画素 Q_1 は、従来の一般的なRGB表色系によって特定の画素を表示したものであ

り、画素Q2は、本発明の方法によって同じ画素を表示したものである。要するに、本発明に係るカラー画像の表示方法では、1つの画素内には、2つの副画素が定義され、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ が第1の輝度 u で表示され、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ が第2の輝度 v で表示されることになる。しかも重要な点は、RGB表色系による画像表示では、どの画素でも、常に原色R、原色G、原色Bの3つの原色が各副画素内に表示されるのに対し、本発明による画像表示では、個々の画素ごとに、その副画素内に表示される単色光が異なるということである。別言すれば、個々の画素ごとに、用いる単色光およびその輝度は、それぞれ独立して設定されていることになる。

【0042】より具体的に説明すれば、従来の一般的なRGB表色系(CMY表色系なども同様)による画像表示方法では、副画素内に表示される色は、どの画素でも常に原色R、原色G、原色Bの3つの原色に固定されており、個々の画素間では、この3原色についての輝度値(CMY表色系の場合は濃度値)が異なるだけである。これに対し、本発明による画像表示方法では、特定の単色光の組み合わせが固定されているわけではなく、個々の画素ごとにそれぞれ独立した単色光の組み合わせが生じることになる。もちろん、各単色光についての輝度値(値 u 、 v)も個々の画素ごとに独立していることになる。たとえば、

画素1： $\lambda\alpha=420\text{ nm}$ 、 $u=18/32$ 、 $\lambda\beta=580\text{ nm}$ 、 $v=22/32$

画素2： $\lambda\alpha=550\text{ nm}$ 、 $u=10/32$ 、 $\lambda\beta=650\text{ nm}$ 、 $v=12/32$

画素3： $\lambda\alpha=480\text{ nm}$ 、 $u=14/32$ 、 $\lambda\beta=560\text{ nm}$ 、 $v=15/32$

画素4： $\lambda\alpha=500\text{ nm}$ 、 $u=23/32$ 、 $\lambda\beta=620\text{ nm}$ 、 $v=32/32$

というように、 $\lambda\alpha$ 、 u 、 $\lambda\beta$ 、 v という4つの要素が画素ごとに全く独立して設定されることになる。

【0043】図10に示す画素Q1が3つの副画素に分割されているのに対して、画素Q2は2つの副画素に分割されている。したがって、本発明によれば、副画素を用いることによる輝度や解像度の低下といった問題、あるいは色ずれが生じるといった問題が、従来方法に比べて3/2倍だけ解消されることになる。

【0044】なお、図10に示す例では、画素Q2は2つの副画素Q21、Q22に分割されているが、より多数の副画素に分割することも可能である。たとえば、4つの副画素Q21a、Q21b、Q22a、Q22bに分割し、副画素Q21a、Q21b内には、第1の単色光 $\lambda\alpha$ を輝度 u で表示し、副画素Q22a、Q22b内には、第2の単色光 $\lambda\beta$ を輝度 v で表示するという方法を探ることも可能である。要するに、本発明では、1つの画素内に、ベクトル合成式「 $C=u\cdot\lambda\alpha+v\cdot\lambda$

β 」で表わされる2つの単色光 $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\beta$ による合成色が表示されるようにすれば、副画素の形態はどのようなものでもかまわない。

【0045】

【実施例】以下、本発明を図示する実施例に基づいて説明する。

【0046】§1. 回折格子を用いた従来のカラー画像表示方法

クレジットカード、ビデオテープなどの偽造防止用シールとして、回折格子を利用したシールが一般に利用されており、このような回折格子を利用した画像表示媒体に、カラー画像を表示する方法が提案されている。たとえば、特願平6-177504号明細書には、個々の画素を回折格子で構成し、この回折格子の格子線ピッチにより色を表現し、回折格子の表示面積により輝度を表現する手法が開示されている。

【0047】図11は、このような回折格子Gを観察している状態を示す側面図である。回折格子Gの垂直上方から白色光を当てながら、この白色光の照射方向に対して角度 ϕ だけ傾いた方向から観察を行うと、

$$p \cdot \sin \phi = n \cdot \lambda$$

なるブラッグの式に基づく回折現象が起こる。ここで、 p は回折格子の格子線ピッチ、 ϕ は回折角、 λ はこの回折角 ϕ の方向に得られる回折光の波長、 n は回折光の次数である。したがって、観測方向を固定し(ϕ が一定)、1次の回折光($n=1$)だけを考慮することになれば、この固定された観測方向において観測される回折光の波長 λ は、回折格子のピッチ p に基づいて一義的に定まることになる。

【0048】ここでは、より具体的な数値で考えてみる。たとえば、図11において、 $\phi=30^\circ$ となるような観測方向から観測する場合を考える。すると、 $\sin \phi=1/2$ となるので、1次回折光についての $n=1$ の場合に、上述の式は、

$$p \cdot (1/2) = \lambda$$

となる。すなわち、この観測方向においては、回折格子ピッチ p の $(1/2)$ の波長をもった1次回折光が観測されることになる。そこで、たとえば、RGB表色系における各原色の波長を近似的に、原色R=600nm、原色G=500nm、原色B=400nmに設定したとすると、上述の観測条件では、ピッチ $p=1.2\mu\text{m}$ の回折格子からは原色Rの波長の1次回折光が得られ、ピッチ $p=1.0\mu\text{m}$ の回折格子からは原色Gの波長の1次回折光が得られ、ピッチ $p=0.8\mu\text{m}$ の回折格子からは原色Bの波長の1次回折光が得られることになる。こうして、この3種類の回折格子によって、RGB表色系の三原色を表示することができる。すなわち、1画素を3つの副画素によって構成し、これら3つの副画素内に、上述の3種類の回折格子をそれぞれ形成するようにすれば、この画素全体によって、RGB表色系の任意の

色を表示することが可能になる。

【0049】一方、個々の副画素の輝度は、表示面積によって調節することができる。たとえば、図12に示すように、回折格子形成領域Vが異なる5種類の回折格子パターンP11~P15を用意してみる。いずれも外枠は、副画素の全領域に対応しているが、この全領域内に必ず回折格子が形成されるわけではなく、所定の面積をもった回折格子形成領域V内のみ回折格子が形成されている。回折格子パターンP11では、回折格子形成領域Vの面積が0に設定されているため、このパターンP11を副画素に割り付けても、回折光の輝度は0になる。これに対して、回折格子パターンP15では、回折格子形成領域Vの面積が外枠の面積と等しく設定されているため、このパターンP15を副画素に割り付ければ、回折光の輝度は最大となる。図12では、各回折格子パターンの下に、回折格子形成領域Vの外枠に対する面積比を示してある。ここでは、5種類の回折格子パターンP11~P15しか示されていないが、面積比が、 $0/31$, $1/31$, $2/31$, $3/31$, ..., $30/31$, $31/31$ となる合計32種類の回折格子パターンを用意しておけば、1つの原色について、32段階の輝度表現（5ビットの階調表現）が可能になる。

【0050】このように、回折格子の格子線ピッチによって色を設定することができ、表示面積（回折格子形成領域Vの面積）によって輝度を設定することができるので、たとえば、図13に示すように、1つの原色について32段階の輝度表現を行い、画素値0~31にそれぞれ対応づけられた32通りの回折格子パターンを用意し（図では、代表的な5段階のみを示してある）、これを各原色ごとにそれぞれ用意すれば、各原色ごとに5ビットの階調表現をもったカラー画像表示が可能になる。

【0051】これらの回折格子パターンを用いて、実際にカラー画像表示を行うには、たとえば、図14(a)に示すような割り付けを行えばよい。この例では、各正方形は1つの副画素を示しており、横方向に並んだ3つの副画素によって1画素が構成されている。すなわち、図のQ1、Q2、Q3は、いずれも1つの画素を構成している。画素Q1内の3つの副画素に記されたR1、G1、B1なる記号は、図13に示す回折格子パターンの中のいずれか1つのパターンを示している。ここで、R1は図13のRの列の中の1パターンであり、G1は図13のGの列の中の1パターンであり、B1は図13のBの列の中の1パターンである。画素Q2、Q3を構成する副画素についても同様である。ただ、3つの副画素についての三原色の配列順は、画素Q1、Q2、Q3において異なるようにしているが、これはより均一な色特性が得られるようにするための配慮である。図14(b)は、この三原色の配列順を変えた別な例である。図15は、図14(a)に示す割り付けに基づいて、媒体上に実際に回折格子パターンを割り付けた状態を示す図であ

る。

【0052】以上、回折格子を用いた従来のカラー画像表示方法を簡単に説明したが、この方法にはいくつかの問題があることは既に指摘したとおりである。すなわち、この方法では、1画素が3つの副画素に分割され、しかも図15に示すように、回折格子が形成されていない領域がかなりの面積を占めることになるので、全体的な輝度が低下するという問題がある。また、解像度の限界は、個々の副画素の大きさによって左右されるため、1画素を3つの副画素から構成すると、本来得られるべき解像度の $1/3$ の解像度までしか実現できないことになる。更に、個々の副画素の配置に位置誤差があると、色ずれが生じることになる。

【0053】§2. 回折格子を用いた本発明のカラー画像表示方法の概要

そこで、この回折格子を用いたカラー画像表示方法に本発明を適用した実施例を以下に述べる。この実施例では、図13に示す回折格子パターンに代わって、図16に示す回折格子パターンが用意される。図示の便宜上、ここでは $3 \times 5 = 15$ 通りのパターンしか示していないが、実際には、 $10 \times 32 = 320$ 通りのパターンが用意される。すなわち、色に関しては、波長 425 nm （回折格子ピッチ $p = 0.85\text{ }\mu\text{ m}$ ）から、 25 nm 刻みで、波長 650 nm （回折格子ピッチ $p = 1.3\text{ }\mu\text{ m}$ ）に至るまで、合計10種類の単色光が用意され、輝度（輝度値 u または v で表される）に関しては、 $0/31$, $1/31$, $2/31$, $3/31$, ..., $30/31$, $31/31$ の合計32通りの階調が用意されている。

【0054】図17は、図16に示されている回折格子パターンを一覧表にして示したものである。この一覧表に示されている合計320通りのパターンの中から、所定の2つのパターンを選択し、この選択した2つのパターンを表の下に示したように並べれば、この2つのパターンによって1画素Q1が表現されることになる（別言すれば、個々のパターンがそれぞれ副画素Q11、Q12を構成することになる）。図17に示す例では、波長 λ_3 （ 475 nm ）の単色光が輝度（ $2/31$ ）で副画素Q11内に表示され、波長 λ_7 （ 575 nm ）の単色光が輝度（ $30/31$ ）で副画素Q12内に表示されている。このように、2つの副画素Q11、Q12の合成色として表示される画素Q1の色は、図18に示すXYZ表色系の色立体における所定の合成ベクトルCによって示される色であり、このベクトルCが、ベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda_\alpha + v \cdot \lambda_\beta$ 」で表わされることは既に述べたとおりである。

【0055】図17の一覧表に示されている320通りのパターンの中から、2つのパターンを選択する組み合わせは、同一パターンを重複選択することを許せば、 320^2 通り存在することになる。そして、これらの各組み合わせは、それぞれ図18に示す色立体内の1点に対

応する合成色を示すことになる。既に述べたように、本発明による方法では、XYZ表色系の色立体において、点P(x, y, z)で示される画素色が与えられた場合、この点Pの近傍にある合成色を1つ選択し、この選択された合成色によって画素表示を行うことになる。具体的には、図18において、点P(x, y, z)と所定の合成色を示すベクトルCの矢印の先端との空間距離d*

$$d = \sqrt{(u \cdot x_{\alpha} + v \cdot x_{\beta} - x)^2 + (u \cdot y_{\alpha} + v \cdot y_{\beta} - y)^2 + (u \cdot z_{\alpha} + v \cdot z_{\beta} - z)^2}$$

なる幾何学的演算式を用いればよい。ここで、x, y, zは、点P(x, y, z)の各座標値、 x_{α} , y_{α} , z_{α} は、単色光ベクトル λ_{α} の矢印の先端点P(x_{α} , y_{α} , z_{α})の各座標値、 x_{β} , y_{β} , z_{β} は、単色光ベクトル λ_{β} の矢印の先端点P(x_{β} , y_{β} , z_{β})の各座標値である。

【0057】§3. 回折格子を用いた本発明のカラー画像表示方法の手順

続いて、回折格子を用いた本発明のカラー画像表示方法の具体的な手順を、図19の流れ図に基づいて説明する。ここでは、RGB表色系によって表現された1画素を、本発明による方法で表示する場合の手順を説明する。RGB表色系による表現では、1画素は三原色RGBそれぞれについての画素値(r, g, b)で表わされる。そこで、まずステップS1において、この画素値(r, g, b)を入力する。ここでは、 $0 \leq r, g, b \leq 1$ となるように規格化された画素値を入力している。続いて、ステップS2において、このRGB表色系の画素値(r, g, b)を、XYZ表色系の画素値(x, y, z)に変換する。この変換は、前述したように、変換式に基づいて一義的に行うことができる。なお、以下の処理を、RGB表色系ではなくXYZ表色系で行う理由は、既に述べたように、XYZ表色系においては、可視波長域の単色光がすべて正の画素値によって表現できるため、必要な合成色を示す合成ベクトルCを得るためのベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda_{\alpha} + v \cdot \lambda_{\beta}$ 」の係数u, vが必ず正になるからである(係数u, vが負になると、負の面積をもった領域に回折格子を形成しなければならず、物理的に実現不可能になる)。

【0058】次に、ステップS3～S7において、種々のパラメータの初期値が設定される。まず、ステップS3では、許容誤差範囲Eの初期値を0.1/31に設定している。ここで述べる実施例では、空間距離dが最短の合成色を求める方法ではなく、空間距離dが所定の許容誤差範囲E未満であるという条件を満たす合成色を求める方法を採用している。ステップS3では、この許容誤差範囲Eの初期値が設定されることになる。続くステップS4では、第1の単色光 λ_{α} の初期値が650nmに設定され、ステップS5では、第2の単色光 λ_{β} の初期値が425nmに設定される。更に、ステップS6で

*を計算し、この空間距離dが最小となる合成色を選択するか、あるいは、空間距離dが所定の許容誤差範囲E内の1合成色を選択することになる。空間距離dを計算するには、具体的には、

【0056】

【数2】

は、第1の単色光 λ_{α} についての輝度値uの初期値が1.0に設定され、ステップS7では、第2の単色光 λ_{β} についての輝度値vの初期値が1.0に設定される。結局、このような初期設定では、図17に示す一覧表において、最も右側の列(λ_{10} の欄)の最も下の行($31/31 = 1.0$ の欄)のパターンと、最も左側の列(λ_1 の欄)の最も下の行($31/31 = 1.0$ の欄)のパターンとの組み合わせが、最初の候補の合成色となる。

20 【0059】続くステップS8では、この合成色と、もとの画素値(x, y, z)で表現される色との色立体上での空間距離dが計算され、ステップS9において、この空間距離dがステップS3で設定した許容誤差範囲E未満であるかどうか判断される。なお、三次元空間における空間距離dを計算し、 $d < E$ であるか否かを判断する代わりに、X軸方向に関する一次元の隔たり Δx 、Y軸方向に関する一次元の隔たり Δy 、Z軸方向に関する一次元の隔たり Δz をそれぞれ別個に算出し、三次元の許容誤差範囲Eの代わりに設定した一次元の隔たりに関する誤差eを用いて、 $\Delta x < e$ 、かつ、 $\Delta y < e$ 、かつ、 $\Delta z < e$ なる条件を満足していた場合には、誤差範囲内と判断するようにしてもよい。

30 【0060】このステップS8における判断において、誤差以上であった場合には、ステップS10からステップS11へと進み、輝度値vが(1/31)だけ減らされ、ステップS8からの処理が繰り返される。こうして、第2の単色光 λ_{β} についての輝度値vが、初期値1.0(31/31)から、30/31, 29/31, ...と更新され、その都度、新たな合成色についての空間距離dと許容誤差範囲Eとの比較が行われる。こうして、輝度値v=0になっても、誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS10からステップS12を経てステップS13へと進み、今度は輝度値uが(1/31)だけ減らされ、ステップS7からの処理が繰り返される。こうして、第1の単色光 λ_{α} についての輝度値uが、初期値1.0(=31/31)から、30/31, 29/31, ...と更新され、ステップS7～S13の手順が繰り返し実行される。

50 【0061】こうして、輝度値u=0になっても、誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS12から

ステップS14を経てステップS15へと進み、今度は第2の単色光 $\lambda\beta$ の波長が25nmだけ増加し($\lambda\beta=450\text{nm}$ となる)、ステップS6からの処理が繰り返される。こうして、第2の単色光 $\lambda\beta$ が、初期値425nmから、450nm, 475nm, …と更新され、ステップS6～S15の手順が繰り返し実行される。そして、 $\lambda\beta=\lambda\alpha=650\text{nm}$ になっても、誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS14からステップS16を経てステップS17へと進み、今度は第1の単色光 $\lambda\alpha$ の波長が25nmだけ減少し($\lambda\alpha=625\text{nm}$ となる)、ステップS5からの処理が繰り返される。こうして、第1の単色光 $\lambda\alpha$ が、初期値650nmから、625nm, 600nm, …と更新され、ステップS5～S17の手順が繰り返し実行される。

【0062】こうして、すべての合成色についての処理が完了しても、なお誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS16からステップS18へと進み、許容誤差範囲Eを(0.1/31)だけ増加させ、条件を緩やかに設定しなおし、再びステップS4からの処理を繰り返し実行する。このような手順によれば、最後には必ずステップS9の条件を満足する合成色が見つかることになり、そのときには、ステップS9からステップS19へと進み、その合成色を確定する。すなわち、その時点での「 $u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$ 」の値が確定することになり、XYZ表色系の画素値(x, y, z)で表現された画素は、ベクトル合成式「 $C=u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」で示される合成色で表示されることになる。

【0063】この手順で選択される合成色は、必ずしも空間距離dが最小のものではなく、空間距離dが許容誤差範囲E未満という条件を満たす合成色のうちの最初に見つかったものにある。しかしながら、実用上は、空間距離dが最小の合成色を見つける方法よりも、この手順の方法の方がメリットが得られる。その第1の理由は、ステップS3において、許容誤差範囲Eの初期値をある程度緩く設定しておけば、この初期設定のままで合成色が見つかる可能性が高くなり、32³通りの全合成色についてステップS8の演算を行う前に、選択すべき合成色が見つかる可能性が高く、演算負担が軽減されるからである。そして第2の理由は、空間距離dが最小の合成色よりも、より実用的に好ましい合成色が選択される可能性があるからである。ステップS6, S7の初期設定において、輝度値u, vの初期値は1.0であり、以下徐々に0まで減少させてゆく方法を採用している。したがって、輝度値のより大きな組み合わせが選択される確率が高くなる。実用上は、多少空間距離dが大きくても、輝度値のより大きい合成色を選択した方が、より鮮明な表示を行うことができる点で好ましいのである。

【0064】なお、ステップS1において入力される画素値(r, g, b)の組み合わせは、現実的には有限個である。たとえば、r, g, bのそれぞれを0～31の

32階調で表現したとすれば、画素値(r, g, b)の全組み合わせは、32³通りである。そこで、この32³通りの組み合わせのすべてについて、図19に示す手順を実行し、それぞれについて、「 $u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$ 」の値を求める処理を行っておけば、図20に示すような「(r, g, b) → (u, $\lambda\alpha$, v, $\lambda\beta$)変換テーブル」を作成することができる。一旦、このような変換テーブルを作成してしまえば、この変換テーブルを利用して、任意の画素値(r, g, b)について選択すべき合成色(u, $\lambda\alpha$, v, $\lambda\beta$)を直ちに得ることができるので便利である。

【0065】§4. 回折格子記録媒体上の具体的な表示態様

図21(a)は、本発明に係る方法によって、2画素分の表示を行った状態を示す図である。画素Q1, Q2はいずれも2つの副画素から構成されている。画素Q1を構成する第1の副画素Q11には、単色光 $\lambda\alpha$ 1が輝度値u1で表示されており、第2の副画素Q12には、単色光 $\lambda\beta$ 1が輝度値v1で表示されている。同様に、画素Q2を構成する第1の副画素Q21には、単色光 $\lambda\alpha$ 2が輝度値u2で表示されており、第2の副画素Q22には、単色光 $\lambda\beta$ 2が輝度値v2で表示されている。画素Q1とQ2とで、第1の副画素と第2の副画素との配置が左右入れ替わっているのは、図19に示した手順を実行すると、第1の副画素に表示する単色光 $\lambda\alpha$ は、第2の副画素に表示する単色光 $\lambda\beta$ に比べて常に長波長側の色(赤側)になるため、隣接する画素ごとに、 $\lambda\alpha$, $\lambda\beta$ を入れ替えて全体的な色の均一性を確保するためである。図21(b)は、画素Q1, Q2内に、実際に回折格子パターンを割り付けた状態を示す図である。

【0066】図22は、本発明に係る方法による具体的な表示態様の別な一例を示す図である。この例は、M行N列の画素マトリックスからなるカラー画像を表示する一態様を示すものである。ここでは、このM行N列に配列された個々の画素について、それぞれRGB表色系における画素値(r, g, b)が与えられているものとする。この実施例では、図22の右側に示すように、2行2列からなる単位副画素配列を定義し、この単位副画素配列を個々の画素に割り付けている。結局、1つの画素は4つの副画素によって表現されることになる。画素値(r, g, b)が与えられた1画素を本発明による方法で表示するためには、まず、この画素値(r, g, b)に対応する合成色(u, $\lambda\alpha$, v, $\lambda\beta$)を求める。これは、図19に示す手順を実行してもよいし、図20に示すテーブルを利用してもよい。

【0067】次に、得られた合成色(u, $\lambda\alpha$, v, $\lambda\beta$)を、図23に示すようにして表示する。すなわち、図の左上および右下の副画素には、合成色を構成する第1の単色光 $\lambda\alpha$ を輝度値uで表示し、図の左下および右上の副画素には、合成色を構成する第2の単色光 $\lambda\beta$ を

10

20

30

40

50

輝度値 v で表示するのである。もちろん、本発明による方法では、少なくとも2つの副画素によって1画素を表示することができればよいので、2行2列の単位副画素配列の代わりに、たとえば、1行2列の単位副画素配列を用いてもかまわないが、このように、2行2列の単位副画素配列を用いると、画素の形状と副画素の形状を同一にすることができる。なお、図23に示す例において、第1の単色光 $\lambda\alpha$ を左上および右下に配置し、第2の単色光 $\lambda\beta$ を左下および右上に配置し、いわゆる「たすき掛け」配置を採っているのは、前述したように、図19に示した手順を実行すると、第1の単色光 $\lambda\alpha$ は、第2の単色光 $\lambda\beta$ に比べて常に長波長側の色（赤側）になるため、 $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\beta$ を入れ替えて全体的な色の均一性を確保するためである。

【0068】ところで、回折格子記録媒体では、複数の画像を同一面上に重畳して記録することが可能である。ここでは、このような重畳記録型媒体に本発明を適用した例を説明する。いま、図24に示すような画像1、画像2が用意されている場合を考える。いずれの画像も、7行7列に配された画素から構成され、個々の画素には、それぞれRGB表色系における画素値（ r 、 g 、 b ）が与えられているものとする。いま、図24に太枠で示した4行5列目の画素に着目し、画像1の着目画素には画素値（ r_1 、 g_1 、 b_1 ）が与えられており、画像2の着目画素には画素値（ r_2 、 g_2 、 b_2 ）が与えられていたときに、回折格子記録媒体上で、この4行5列目の画素をどのように表示すればよいかを考えてみる。

【0069】まず、RGB表色系で表現された画素値に基づいて、それぞれ1つの合成色を選択する。ここでは、画像1の着目画素の画素値（ r_1 、 g_1 、 b_1 ）に対して、合成色（ u_1 、 $\lambda\alpha_1$ 、 v_1 、 $\lambda\beta_1$ ）が選択され、画像2の着目画素の画素値（ r_2 、 g_2 、 b_2 ）に対して、合成色（ u_2 、 $\lambda\alpha_2$ 、 v_2 、 $\lambda\beta_2$ ）が選択されたとする。この場合、図22に示した例と同様に、1つの画素に対して2行2列の単位副画素配列を定義し、2つの合成色を、図25(a)に示すように表示するのである。すなわち、図の左上の副画素には、画像1側の合成色を構成する第1の単色光 $\lambda\alpha_1$ を輝度値 u_1 で表示し、図の右下の副画素には、画像1側の合成色を構成する第2の単色光 $\lambda\beta_1$ を輝度値 v_1 で表示し、図の右上の副画素には、画像2側の合成色を構成する第1の単色光 $\lambda\alpha_2$ を輝度値 u_2 で表示し、図の左下の副画素には、画像2側の合成色を構成する第2の単色光 $\lambda\beta_2$ を輝度値 v_2 で表示するのである。しかも、画像1側の合成色を表示するための左上および右下の副画素については、格子線配置角度を 0° とし、画像2側の合成色を表示するための右上および左下の副画素については、格子線配置角度を 45° とする。

【0070】図25(b)は、配置角度が 0° の回折格子

と配置角度が 45° の回折格子の回折格子パターンとの相違を示す図である。このように、格子線の配置角度が異なる回折格子は、回折光が観測できる幾何学的な条件が互いに異なる。したがって、同一媒体上に、配置角度 0° の回折格子と配置角度 45° の回折格子とを混在させておくと、たとえば、媒体にある幾何学条件（たとえば、視線に対する媒体の角度を所定角度においた状態）で観察したときには、配置角度 0° の回折格子からの回折光のみが観測され、この同じ媒体を別な幾何学条件で観察したときには、配置角度 45° の回折格子からの回折光のみが観測される。

【0071】いま、この媒体を、配置角度 0° の回折格子からの回折光のみが観測されるような幾何学条件で観察している状態を考えると、図25(a)に示した単位副画素配列の中では、左上の副画素と右下の副画素だけが観測されることになる。これらの副画素は、いずれも画像1側の合成色を示す副画素であるため、画像1側の画素色が呈示されることになる。一方、この媒体を、配置角度 45° の回折格子からの回折光のみが観測されるような幾何学条件で観察している状態を考えると、図25(a)に示した単位副画素配列の中では、右上の副画素と左下の副画素だけが観測されることになる。これらの副画素は、いずれも画像2側の合成色を示す副画素であるため、画像2側の画素色が呈示されることになる。結局、同一の媒体でありながら、ある条件で観察すると画像1が表示され、別な条件で観察すると画像2が表示されることになる。

【0072】一般に、複数 n 枚のカラー画像を重畳表示する場合には、2つの副画素からなる組を n 組集めることにより1つの画素を構成し、各組ごとに回折格子の格子線配置角度を変え、各組ごとに異なるカラー画像を割り当てるようにすればよい。

【0073】§5. 回折格子記録媒体の作成装置

ここでは、上述した回折格子記録媒体を作成する装置の一例を、図26に示すブロック図に基づいて簡単に説明しておく。カラー画像生成部1は、グラフィックスアプリケーションソフトウェアなどを搭載したコンピュータによって構成され、RGB表色系による三原色の画素値が定義された多数の画素の集合としてカラー画像を作成する機能を有している。一方、カラー画像入力部2は、スキャナ装置などにより構成され、紙面上に描かれたカラー原稿やカラーフィルムなどから、カラー画像を入力する機能を有する。いずれの装置を用いた場合であっても、結果的に、32階調のRGB画素データが用意できる。

【0074】こうして用意されたRGB画像データは、変換処理部3に与えられる。変換処理部3は、個々の画素のもつ画素値（ r 、 g 、 b ）を、所定の合成色（ u 、 $\lambda\alpha$ 、 v 、 $\lambda\beta$ ）に変換する処理を行う。この変換処理は、実際には、変換テーブル4を引く単純な処理にな

る。変換テーブル4は、図20に示すようなテーブルであり、変換テーブル生成部5によって予め作成しておく。変換テーブル生成部5は、図19に示す手順を実行することにより、変換テーブル4を作成する機能を有する。

【0075】変換処理部3によって、個々の画素には特定の合成色($u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$)が対応づけられた状態になる。パターン合成部6は、これら個々の画素について、所定の画素パターンを割り付ける処理を行う。画素パターンファイル7には、図16に示すような種々の回折格子画素パターンが用意されている。実際には、図17の一覧表に示すように、合計320通の画素パターンが画素パターンファイル7内に用意される。特定の合成色($u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$)が定まると、($u, \lambda\alpha$)の組み合わせにより1つの画素パターンが選択され、($v, \lambda\beta$)の組み合わせによりもう1つの画素パターンが選択される。結局、1つの画素について、2つの画素パターンが選択されることになる。パターン合成部は、こうして選択された2つの画素パターンを副画素として割り付ける処理を行う。

【0076】個々の画素パターンは、回折格子パターンであるから、パターン合成部6が出力するデータは、回折格子パターンデータとなる。この回折格子パターンデータは、データフォーマット変換装置8を介して、電子ビーム描画装置9に与えられる。データフォーマット変換装置8は、パターン合成部6で作成された回折格子パターンデータのデータフォーマットを、電子ビーム描画装置9が取り扱えるデータフォーマットに変換する処理を行う装置である。電子ビーム描画装置9は、半導体マスクなどの作成に利用されている一般的な描画装置であり、電子ビームを用いて回折格子パターンを所定の媒体上に描画し、回折格子原版10を作成する。この回折格子原版10を用いて、プレス装置11による印刷の手法により、多数の回折格子記録媒体12を作成することができる。

【0077】図17の一覧表に示す例では、波長 λ のステップを25nmおきに設定しているが、このステップは、電子ビーム描画装置9による描画解像度を考慮して設定するのが好ましい。回折角度 $\phi = 30^\circ$ の1次回折光については、波長で25nmの差は、回折格子ピッチでは50nmの差に相当するので、電子ビーム描画装置9は、この50nmのピッチ差を十分に描画しうだけの解像度を有している必要がある。現在、一般的に用いられている電子ビーム描画装置は、この程度の解像度を備えているのが普通である。より解像度の高い電子ビーム描画装置を用いる場合には、波長 λ のステップをより細かく設定し、より多数の合成色を用意するようにすれば、より品質の高い色表現が可能になる。

【0078】§6. 波長可変レーザを用いたディスプレイへの応用

これまでの実施例では、回折格子記録媒体上にカラー画像を表示する場合に本発明を適用した例を述べてきたが、本発明は、カラー画像の表示分野一般に広く適用可能なものである。ここでは、波長可変レーザを用いたディスプレイへの応用例を述べる。

【0079】図27は、従来用いられている一般的なレーザを用いたディスプレイ装置の基本構成図である。このディスプレイ装置の構成要素は、レーザ21、22、23、光変調器24、25、26、反射鏡27およびダイクロイックミラー28、29、反射鏡30、ガルバノメータ31、リレーレンズ32、33、回転多面鏡34、反射鏡35、スクリーン36である。レーザ21、22、23は、それぞれ三原色RGBの波長のレーザビームを発生し、これら3本のレーザビームは、それぞれ光変調器24、25、26を通して、反射鏡27およびダイクロイックミラー28、29で合成される。こうして合成された多色光レーザビームは、反射鏡30、ガルバノメータ31、リレーレンズ32、33、回転多面鏡34、反射鏡35を経て、スクリーン36上に照射される。ここで、ガルバノメータ31は図の矢印の方向に回転するため、スクリーン36上のスポットが垂直走査され、回転多面鏡34も図の矢印の方向に回転するため、スクリーン36上のスポットが水平走査される。こうして、スクリーン36上には、二次元カラー画像が表示されることになる。

【0080】このようなディスプレイ装置では、やはりRGBの三原色によって1画素を表現することになるため、解像度の低下や色ずれなどの問題が生じることになる。この装置に本発明を適用すれば、図28に示すようなディスプレイ装置を構成することができる。この装置は、図27に示す従来装置における光源部周辺の構成要素を置換したものであり、光源部周辺は、波長可変レーザ41と、波長変調器42と、強度変調器43と、制御装置44と、によって構成されている。

【0081】波長変調器42は、与えられた波長変調信号に基づいて、波長可変レーザの発振波長を制御する機能を有する。波長変調操作としては、所定の可視波長域にわたって連続的に波長を変化させる変調操作ができれば理想的であるが、離散的ないくつかの波長を選択する変調操作ができれば十分である。たとえば、図17の一覧表に示された10種類の波長値 $\lambda_1 \sim \lambda_{10}$ (425nm~650nm)のうちのいずれか1つを選択できるような構成になっていれば、前述した回折格子記録媒体の実施例とほぼ同様のカラー画像表示が可能になる。いずれにしても、この波長可変レーザ41および波長変調器42は、単色光をビーム状にして発生させる機能をもった単色光光源を構成することになる。

【0082】強度変調器43は、波長可変レーザ41で発生したレーザビームの強度を連続的にもしくは離散的に変調する機能をもった装置であり、レーザビームは、

強度変調信号で指示された強度でこの強度変調器43から出力されることになる。このレーザービームは、反射鏡30以降の光学系を通して、最終的にスクリーン36にスポットとして照射されることになるが、これらの光学系の構成は、前述した従来のディスプレイ装置のものと同じである。ただ、従来装置では、スクリーン36に照射されるビームは多色光であったのに対し、この装置では、単色光ビームがスクリーン36に照射されることになり、スクリーン36上に形成されるスポットは単色光のスポットになる。なお、このように、光学系を通るビームは単色光になるので、この装置では、高価な回転多面鏡34の代わりに、安価な回折格子を代用することも可能である。

【0083】制御装置44は、波長変調器42に対しては波長変調信号（波長を指定する信号）を与え、強度変調器43に対して強度変調信号（強度を指定する信号）を与える機能を有する。

【0084】いま、第1の瞬間に、波長変調信号として、所定の波長 $\lambda\alpha$ を示す信号を与え、同時に、強度変調信号として、所定の強度 u を示す信号を与えたとすれば、その時点において、スクリーン36上には、波長 $\lambda\alpha$ の単色光が強度 u で照射されて第1のスポットが形成される。続いて、第2の瞬間に、波長変調信号として、所定の波長 $\lambda\beta$ を示す信号を与え、同時に、強度変調信号として、所定の強度 v を示す信号を与えたとすれば、その時点において、スクリーン36上には、波長 $\lambda\beta$ の単色光が強度 v で照射されて第2のスポットが形成される。このように時分割により2つのスポットを形成し、第1のスポットを第1の副画素、第2のスポットを第2の副画素とすれば、これまで述べてきた実施例と同様に、スクリーン36上には、2つの副画素からなる画素が表示されることになる。そこで、各画素位置の走査時にタイミングを合わせて、その画素に表示すべき合成色を実現するための所定の波長変調信号および強度変調信号を適宜与えるような制御を行えば、スクリーン36上に所望のカラー画像を表示することが可能になる。

【0085】§7. カラープリンタへの応用

最後に本発明をカラープリンタへ応用した実施例を述べておく。図29は、この本発明に係るカラープリンタの基本構成図である。このカラープリンタは、インキ保持部51と、インキ付着部52と、制御装置53と、を有する。インキ保持部51には、複数のインキが保持されている。これらのインキは、所定の可視波長域内に離散的な波長分布をもって定義された複数の単色光にそれぞれ対応している。図示の例では、波長425nm, 450nm, 475nm, …, 625nm, 650nmの離散的な10種類の単色光のそれぞれに対応した10種類のインキが用意されている。

【0086】もっとも、レーザー光や回折格子からの回折光とは異なり、通常用いられているインキからの反射光

を利用したのでは本発明は実現できない。本発明をカラープリンタへ応用するには、蛍光性あるいは燐光性をもったインキを用いることになる。したがって、インキ保持部51内に用意する複数のインキは、一応、特定の波長に対応したスペクトル特性をもったインキであればよい。たとえば、「波長500nmに対応したインキ」としては、理想的には「波長500nmの線スペクトルの蛍光が得られるインキ」を用いるのが好ましいが、実用上は、「蛍光スペクトルのピーク位置がほぼ500nmの位置にくるようなインキ」を用いればよい。要するに、本明細書において、「単色光に対応したインキ」なる文言は、「そのインキを観察したときに得られるスペクトルのピーク位置がほぼその単色光位置にくるようなインキ」の意味である。

【0087】インキ付着部52は、このインキ保持部51内に保持されている複数のインキのうち指定されたインキを、所定の表示面54（通常は紙面）の指定位置に、指定された密度もしくは面積で付着させる機能を有する。制御装置53は、このインキ付着部52に対して、インキの指定、位置の指定、密度もしくは面積の指定を行う。

【0088】いま、制御装置53によって、所定のインキ $\lambda\alpha 1$ を、表示面54上の副画素Q31の位置へ、面積 $u1$ で付着させるような第1の制御信号を与えたとすると、図示のように、副画素Q31内の所定の面積からなる表示領域にインキ $\lambda\alpha 1$ の層が形成される。続いて、制御装置53によって、所定のインキ $\lambda\beta 1$ を、表示面54上の副画素Q32の位置へ、面積 $v1$ で付着させるような第2の制御信号を与えたとすると、図示のように、副画素Q32内の所定の面積からなる表示領域にインキ $\lambda\beta 1$ の層が形成される。ここで、この副画素Q31, Q32によって、画素Q3を構成するようにすれば、画素Q3には、ベクトル合成式「 $u1 \cdot \lambda\alpha 1 + v1 \cdot \lambda\beta 1$ 」で表わされる合成色が表示されることになる。もっとも、前述したように、 $\lambda\alpha 1$ および $\lambda\beta 1$ は完全な単色光波長にはならないので、本発明の基本原則に基づく色表現が正確に行われるわけではないが、実用上は大きな問題にはならない。

【0089】上述した画素Q3では、インキを付着させる面積によって発光輝度の制御を行っているが、インキを付着させる密度によって輝度制御を行った例を画素Q4として示す。この画素Q4の表示を行うには、制御装置53によって、所定のインキ $\lambda\alpha 2$ を、表示面54上の副画素Q41の位置へ、密度 $u2$ で付着させるような第1の制御信号を与えたとともに、所定のインキ $\lambda\beta 2$ を、表示面54上の副画素Q42の位置へ、密度 $v2$ で付着させるような第2の制御信号を与えればよい。インキは、副画素Q41, Q42の全領域内に付着されるが、密度はそれぞれ異なったものとなる。

【0090】

【発明の効果】以上のとおり本発明によれば、1画素を2種類の単色光によって表現することによりカラー画像表示を行うようにしたため、従来の三原色を用いた表示に比べて、表示輝度および解像度を向上させることができ、また、色ずれの発生を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】CRTなどのディスプレイ装置へカラー画像を表示する場合に一般に利用されているRGB表色系の色立体を示す図である。

【図2】可視波長域の単色光を正の画素値によって表現することができるXYZ表色系の色立体を示す図である。

【図3】図2に示すXYZ表色系を二次元平面上に表現したXY色度図である。

【図4】図3に示すXY色度図において、スペクトル閉曲線S上の所定の2点に相当する2つの単色光を合成すると、その2点を結ぶ線分L上の色が表現できる原理を示す図である。

【図5】一方の単色光を固定した場合の色表現方法を示すXY色度図である。

【図6】人間の眼球内の錐体の分光感度特性を示す図である。

【図7】2つの単色光の合成によって色表現を行う原理を、XYZ表色系におけるベクトル合成として説明するための図である。

【図8】離散分布した有限個の単色光の組み合わせによる色表現方法を示すXY色度図である。

【図9】XYZ表色系で表現された所定の画素色P(x, y, z)とベクトル合成色との色立体上での空間距離を示す図である。

【図10】本発明に係るカラー画像の表示方法の概要を説明する図である。

【図11】一般的な回折格子Gを観察する状態を示す側面図である。

【図12】回折格子形成領域Vの面積が異なる複数の回折格子パターンの一例を示す図である。

【図13】回折格子形成領域の面積および格子線ピッチが異なる複数の回折格子パターンの一例を示す図である。

【図14】図13に示す回折格子パターンを用いて、実際にカラー画像表示を行う場合の割付態様を示す図である。

【図15】図14(a)に示す割付態様に基づいて、媒体上に実際に回折格子パターンを割り付けた状態を示す図である。

【図16】回折格子を用いたカラー画像表示方法に本発明を適用する場合に用意する回折格子パターンの一例を示す図である。

【図17】図16に示されている回折格子パターンを一覧表にして示した図である。

【図18】XYZ表色系で表現された所定の画素色P(x, y, z)とベクトル合成色との色立体上での空間距離とその算出方法を示す図である。

【図19】本発明に係る方法において、RGB表色系で表現された画素値(r, g, b)に基づいて、その近傍の合成色(u, λ_α, v, λ_β)を選択する処理の手順の一例を示す流れ図である。

【図20】図19に示す処理を行うことにより得られた(r, g, b) → (u, λ_α, v, λ_β)変換テーブルを示す図である。

【図21】本発明に係る方法によって、2画素分の表示を行った状態を示す図である。

【図22】本発明に係る別な表示態様の一例を示す図である。

【図23】図22に示す表示態様により、1画素分の表示を行った状態を示す図である。

【図24】本発明において、複数の画像を同一面上に重畳して記録する方法を説明する図である。

【図25】図24に示す方法により、1画素分の表示を行った状態を示す図である。

【図26】本発明に係る方法により回折格子記録媒体を作成する装置の一例を示すブロック図である。

【図27】従来用いられている一般的なレーザを用いたディスプレイ装置の基本構成図である。

【図28】図27に示すディスプレイ装置に本発明を適用した実施例の基本構成図である。

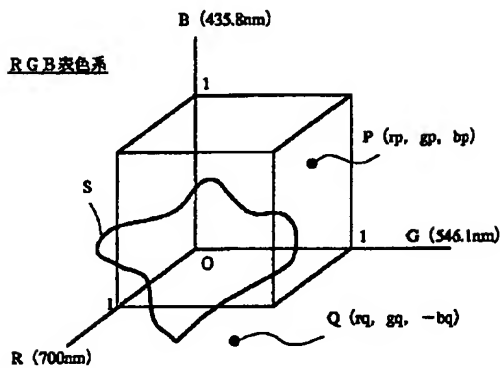
【図29】カラープリンタに本発明を適用した実施例の基本構成図である。

【符号の説明】

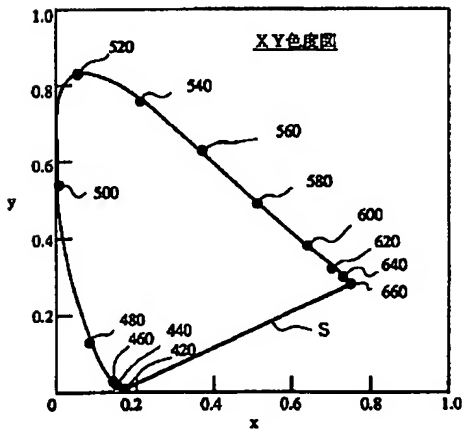
- 1…カラー画像生成部
- 2…カラー画像入力部
- 3…変換処理部((r, g, b) → (u, λ_α, v, λ_β))
- 4…変換テーブル
- 5…変換テーブル生成部
- 6…パターン合成部
- 7…画素パターンファイル
- 8…データフォーマット変換装置
- 9…電子ビーム描画装置
- 10…回折格子原版
- 11…プレス装置
- 12…回折格子記録媒体
- 21, 22, 23…レーザ
- 24, 25, 26…光変調器
- 27…反射鏡
- 28, 29…ダイクロイックミラー
- 30…反射鏡
- 31…ガルバノメータ
- 32, 33…リレーレンズ
- 34…回転多面鏡

- 35…反射鏡
 36…スクリーン
 41…波長可変レーザ
 42…波長変調器
 43…強度変調器
 44…制御装置
 51…インキ保持部
 52…インキ付着部
 53…制御装置
 54…表示面(紙面)
 C…合成色を示すベクトル
 d…色立体内の空間距離
 G…回折格子
 P…色立体内の点

【図1】

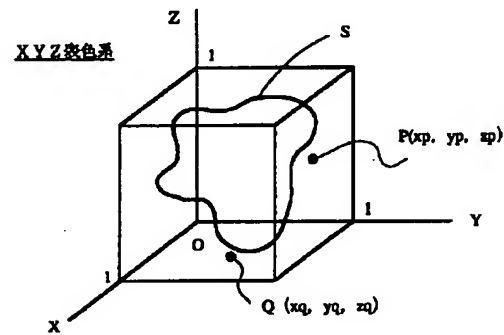


【図3】

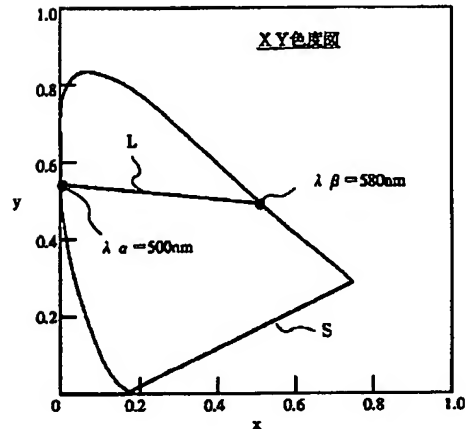


- * P11~P15…回折格子パターン
 p…格子線ピッチ
 Q…色立体内の点
 Q1, Q2, Q3, Q4…画素
 Q11, Q12, Q13, Q21, Q22, Q31, Q32, Q41, Q42…副画素
 S…スペクトル閉曲線
 V…回折格子形成領域
 u, v, u1, v1, u2, v2…ベクトル合成式の係数、輝度値、濃度値、強度値
 10 $\lambda\alpha, \lambda\alpha1, \lambda\alpha2$ …第1の単色光、第1の単色光の波長、第1の単色光を示すベクトル
 $\lambda\beta, \lambda\beta1, \lambda\beta2$ …第2の単色光、第2の単色光の波長、第2の単色光を示すベクトル
 *

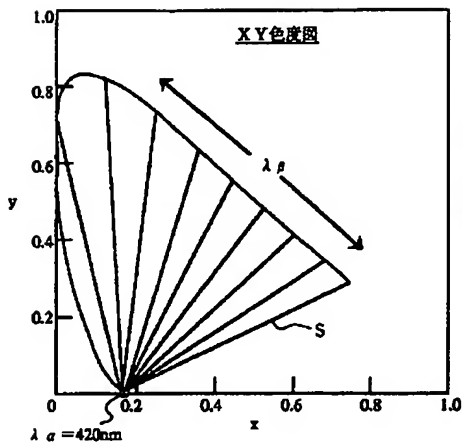
【図2】



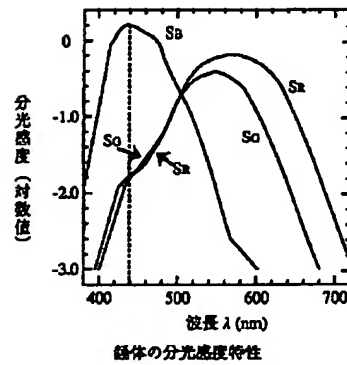
【図4】



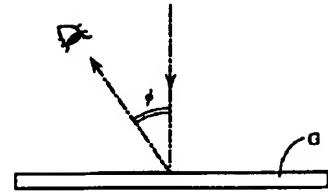
【図5】



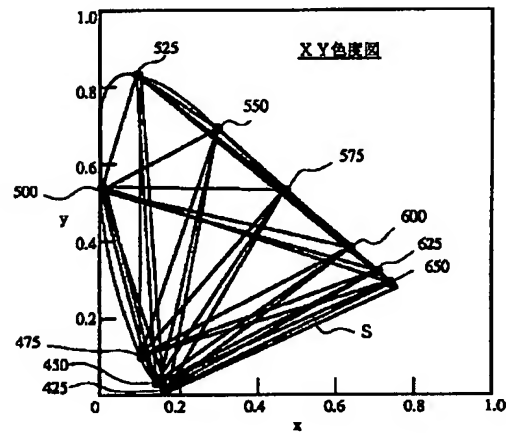
【図6】



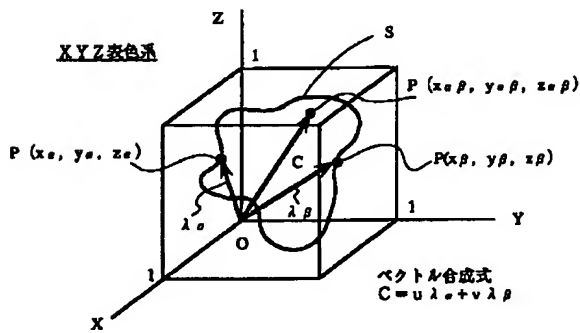
【図11】



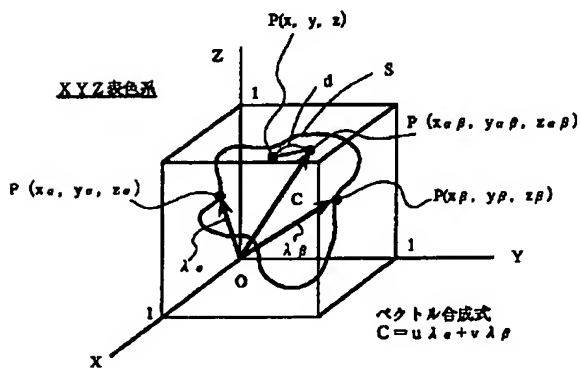
【図8】



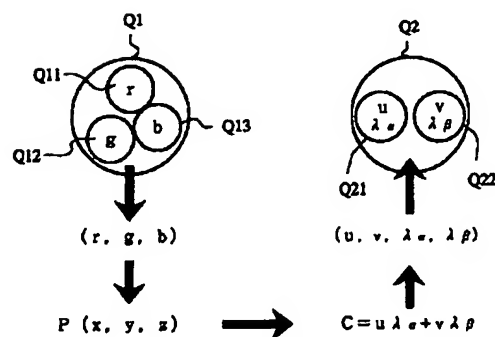
【図7】



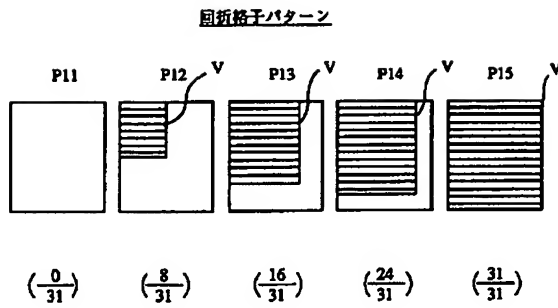
【図9】



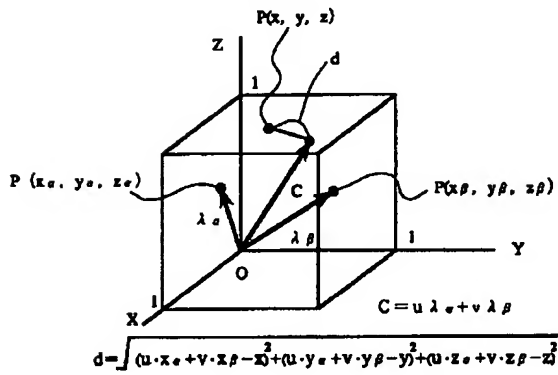
【図10】



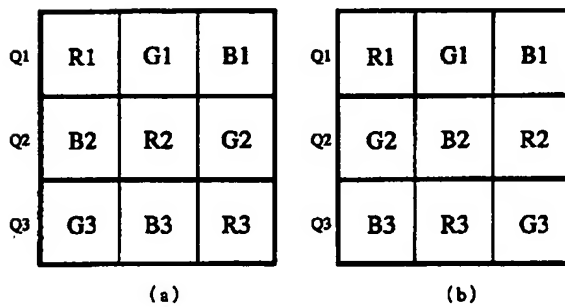
【図12】



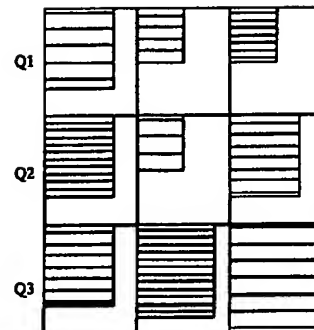
【図18】



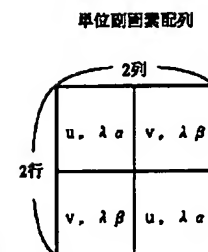
【図14】



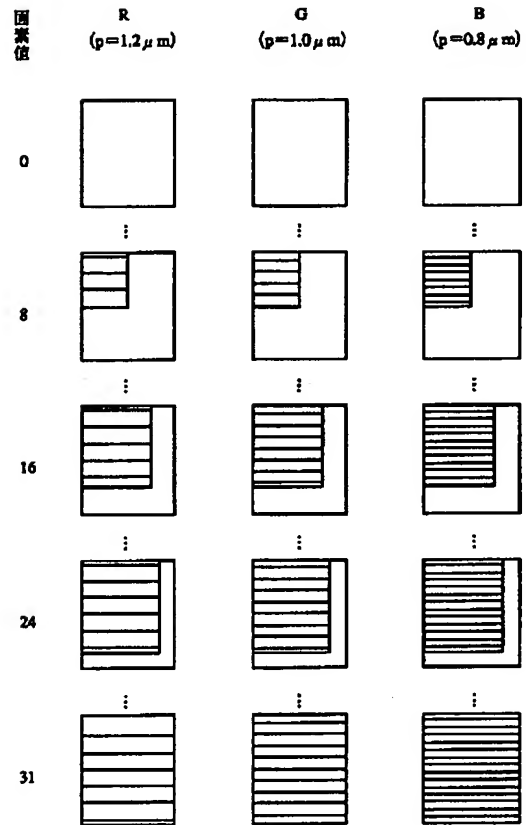
【図15】



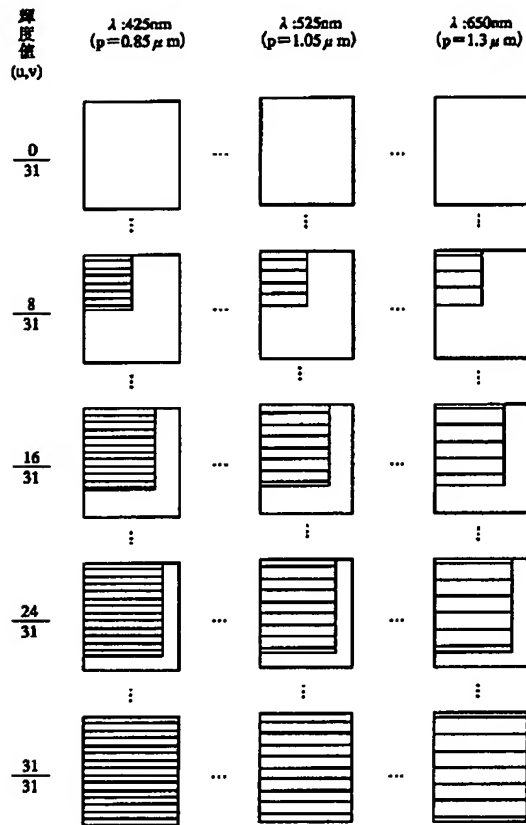
【図23】



【図13】

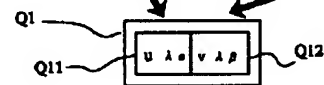


【図16】



【図17】

$u \backslash v$	λ	$\lambda 1$ (425)	$\lambda 2$ (450)	$\lambda 3$ (475)	$\lambda 4$ (500)	$\lambda 5$ (525)	$\lambda 6$ (550)	$\lambda 7$ (575)	$\lambda 8$ (600)	$\lambda 9$ (625)	$\lambda 10$ (650)
0/31											
1/31											
2/31											
3/31											
\vdots											
29/31											
30/31											
31/31											

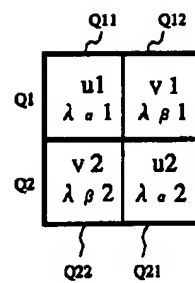


【図20】

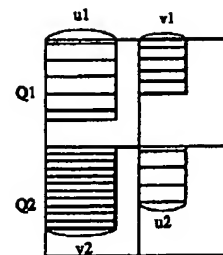
$(r, g, b) \rightarrow (u, \lambda \alpha, v, \lambda \beta)$ 変換テーブル

r	g	b	u	$\lambda \alpha$	v	$\lambda \beta$
0	0	0	0	650	0	425
1	0	0	0	650	0	425
2	0	0	1	650	0	425
3	0	0	2	650	0	425
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
31	31	31	31	575	31	425

【図21】

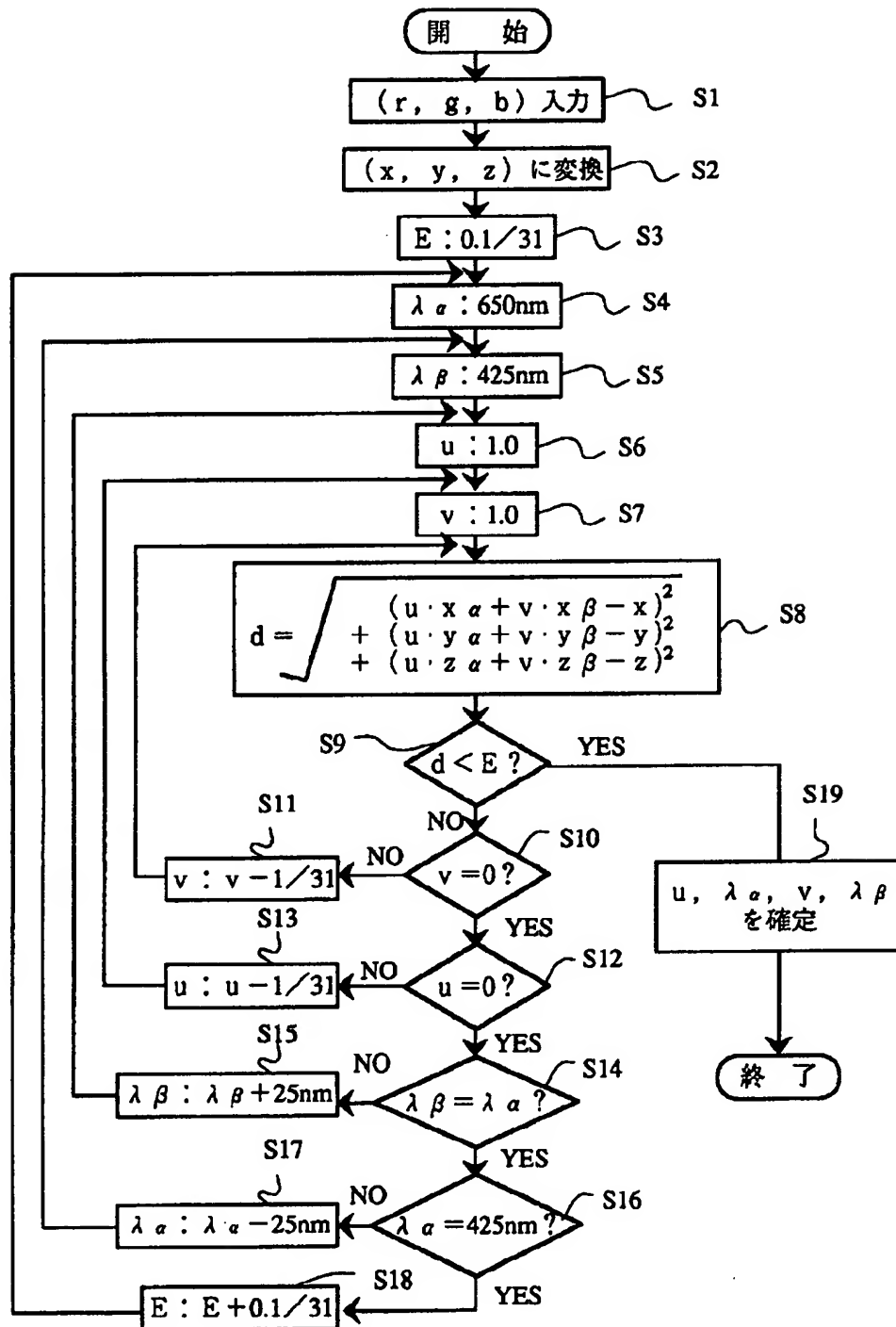


(a)

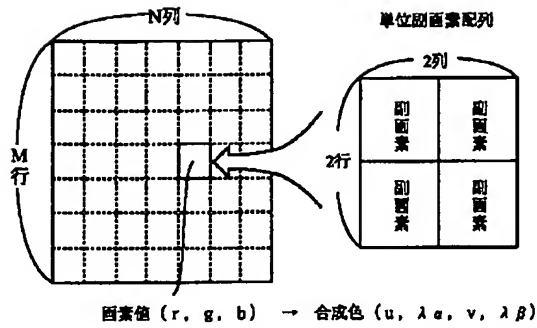


(b)

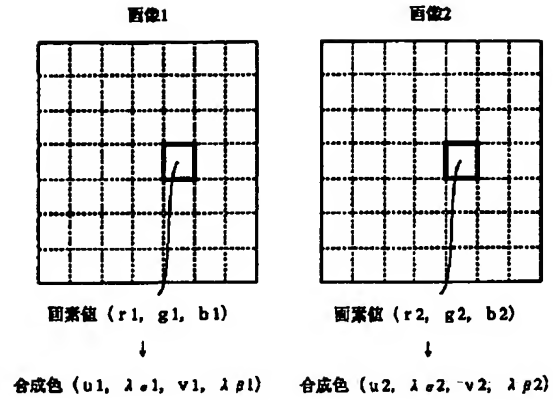
【図19】



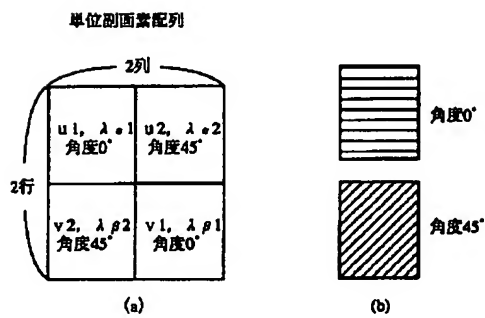
【図22】



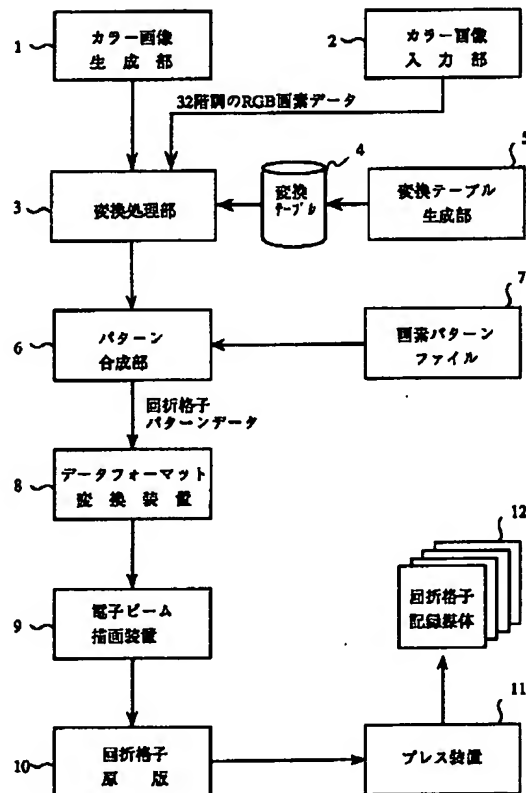
【図24】



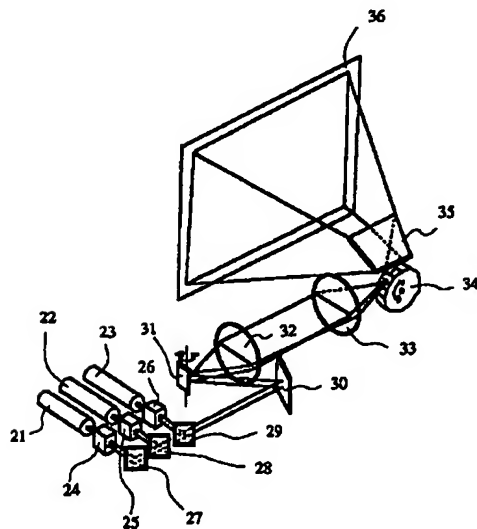
【図25】



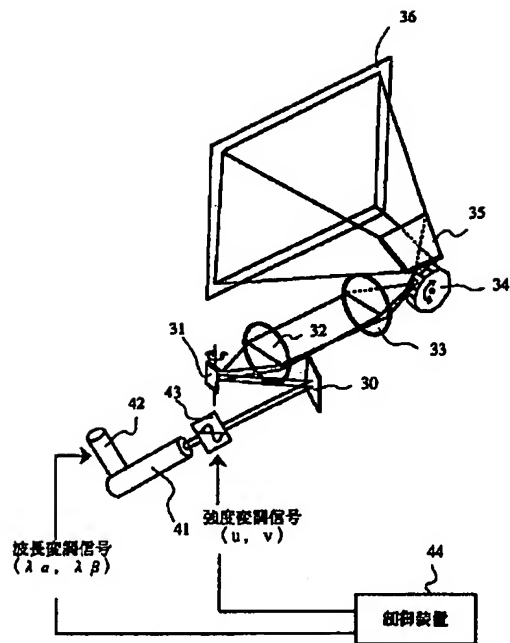
【図26】



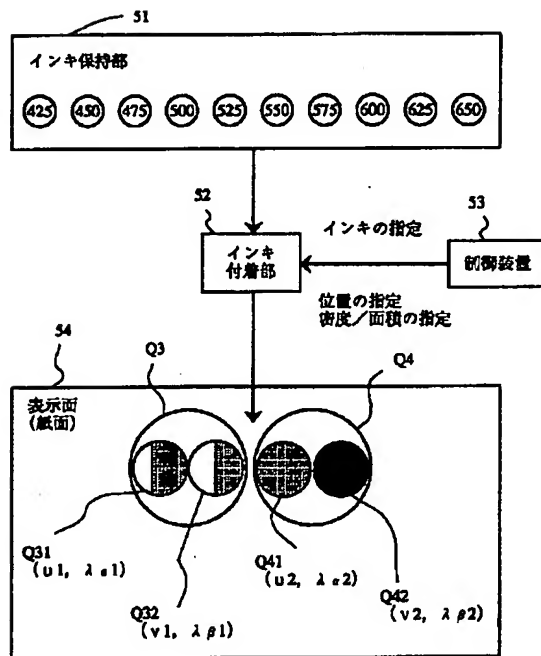
【図27】



【図28】



【図29】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-051548

(43)Date of publication of application : 18.02.1997

(51)Int.Cl. H04N 9/64

G02F 1/01

G09G 3/20

G09G 5/06

(21)Application number : 07-219782 (71)Applicant : DAINIPPON PRINTING CO
LTD

(22)Date of filing : 04.08.1995 (72)Inventor : UCHIYAMA TAKASHI
MOTEGI TOSHIO

(54) DISPLAY METHOD, DISPLAY MEDIUM, AND DISPLAY DEVICE FOR COLOR
IMAGE USING MONOCHROMATIC LIGHT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the display method for the color image which can improve the display luminance and resolution and suppress the generation of color slurring.

SOLUTION: The pixel value (r, g, b) that a display pixel Q1 of a conventional RGB colorimetric system has is converted into a pixel value (x, y, z) of an XYZ colorimetric system and the point (x, y, z) is plotted in an XYZ color solid. The composite color C corresponding to this point P(x, y, z) is represented as a vector composition equation

$C = u\lambda\alpha + v\lambda\beta$. Here, $\lambda\alpha$ and $\lambda\beta$ are vectors showing arbitrary monochromatic light and (u) and (v) are coefficients. Two subpixels Q21 and Q22 are defined in the pixel Q2, the monochromatic light $\lambda\alpha$ is displayed with luminance (u) in the subpixel Q21, and monochromatic light $\lambda\beta$ is displayed with luminance (v) in the subpixel Q22, so that the whole pixel Q2 is observed as if the same color display with the pixel Q1 are made.

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3529505

[Date of registration] 05.03.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the approach of displaying the color picture which consists of two or more pixels each pixel At least two sub-picture elements express, and 1st homogeneous-light λ_{α} is expressed to the 1st sub-picture element as the 1st brightness or concentration u . The method of presentation of a color picture using the homogeneous light characterized by setting up independently the homogeneous light which expresses 2nd homogeneous-light λ_{β} as the 2nd brightness or concentration v , and uses it for the 2nd sub-picture element for each pixel of every and its brightness, or concentration, respectively.

[Claim 2] The phase which prepares the color picture which defined the three-primary-colors color coordinate system which can express the homogeneous light of a visible wavelength region with a forward pixel value in

the method of presentation according to claim 1, and expressed the pixel of each

[this three-primary-colors color coordinate system], The inside of the various combination color shown by the vector composition type

" $u\text{-}\lambda_{\alpha}+v\text{-}\lambda_{\beta}$ " using vector λ_{β} which shows vector λ_{α} and homogeneous-light λ_{β} of arbitration which show homogeneous-light λ_{α} of arbitration in the color solid of said three-primary-colors color coordinate system, The phase which matches with the pixel concerned the combination color which occupies the same location as the pixel color which each pixel which constitutes said color picture has, or the near location, Each factor " $u, \lambda_{\alpha}, v, \lambda_{\beta}$ " of the vector composition type showing the combination color matched, respectively about each pixel which constitutes said color picture is referred to. The method of presentation of a color picture using the homogeneous light characterized by having the phase of determining the 2nd homogeneous-light λ_{β} displayed on the 1st homogeneous-light λ_{α} [when it displays on the 1st sub-picture element] α , and its brightness u and 2nd sub-picture element, and its brightness v .

[Claim 3] While defining the homogeneous light of a finite individual within visible wavelength in the method of presentation according to claim 2 as the

homogeneous light equivalent to vector $\lambda\alpha$ in a vector composition type " $u\lambda\alpha + v\lambda\beta$ ", and $\lambda\beta$ The discrete value of a finite individual is defined as a value which should take the multipliers u and v in a vector composition type " $u\lambda\alpha + v\lambda\beta$." The combination color of a finite individual is defined based on the homogeneous light and the discrete value of these finite individual. The method of presentation of a color picture using the homogeneous light which chooses the combination color which occupies the same location as the pixel color which the pixel which constitutes a color picture among the combination color of said finite individual has, or the near location, and is characterized by matching the selected combination color with the pixel concerned.

[Claim 4] The 1st sub-picture element which has arranged the diffraction grating of the pitch according to the wavelength of homogeneous-light $\lambda\alpha$ in the viewing area according to a multiplier u based on the vector composition type " $u\lambda\alpha + v\lambda\beta$ " showing the selected combination color in the method of presentation according to claim 3, The method of presentation of a color picture using the homogeneous light characterized by preparing the 2nd sub-picture element which has arranged the diffraction grating of the pitch

according to the wavelength of homogeneous-light λ_{β} in the viewing area according to a multiplier v , and expressing an applicable pixel according to these sub-picture elements.

[Claim 5] It is based on the vector composition type

" $u\lambda_{\alpha}+v\lambda_{\beta}$ " showing the selected combination color in the method of presentation according to claim 3. The 1st sub-picture element which appears as a spot when irradiating a beam with the wavelength of homogeneous-light λ_{α} on the screen predetermined by the reinforcement according to a multiplier u , The method of presentation of a color picture using the homogeneous light characterized by forming the 2nd sub-picture element which appears as a spot when irradiating a beam with the wavelength of homogeneous-light λ_{β} on the screen predetermined by the reinforcement according to a multiplier v , and expressing an applicable pixel according to these sub-picture elements.

[Claim 6] In the medium which displayed the color picture which consists of two or more pixels each pixel It is expressed by at least two sub-picture elements, and 1st homogeneous-light λ_{α} is expressed to the 1st sub-picture element as the 1st brightness or concentration u . The display medium of a color

picture using the homogeneous light to which the homogeneous light by which
2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ is expressed as the 2nd brightness or
concentration v by the 2nd sub-picture element, and is used for it and its
brightness, or concentration is characterized by having been independent for
each pixel of every, respectively.

[Claim 7] The display medium of a color picture using the homogeneous light
characterized by adjusting the brightness of the homogeneous light which
should define a viewing area with the property which emits the homogeneous
light, and should be displayed with the area of this viewing area in each
sub-picture element in a display medium according to claim 6.

[Claim 8] The display medium of a color picture using the homogeneous light
characterized by forming the diffraction grating of the pitch according to the
homogeneous light which should define the viewing area which had a
predetermined area in each sub-picture element in a display medium according
to claim 6, and should be displayed in this viewing area.

[Claim 9] The homogeneous-light light source with the function which can be
made to modulate wavelength continuously or discretely over a predetermined
visible wavelength region, makes the homogeneous light the shape of a beam,

and is generated in the equipment which displays the color picture which consists of two or more pixels, A modulator with the function which modulates continuously or discretely the reinforcement of the homogeneous light generated in this homogeneous-light light source on the strength, By irradiating the homogeneous-light beam modulated by this modulator on the strength at the predetermined screen, forming the spot of a homogeneous-light beam on this screen, and scanning this spot on said screen The beam scanner which forms many pixels which consist of a spot on said screen, and by giving a predetermined wavelength assignment signal to said homogeneous-light light source The wavelength modulation control which specifies the homogeneous-light wavelength to generate, and by giving a predetermined on-the-strength assignment signal to said modulator on the strength A control unit with the function to perform intensity modulation control which specifies the reinforcement of a homogeneous-light beam, A preparation and said control unit by performing 2nd control which specifies the 1st control which specifies the 1st homogeneous-light wavelength and 1st reinforcement, and the 2nd homogeneous-light wavelength and 2nd reinforcement The display of a color

picture using the homogeneous light characterized by forming one pixel on said screen.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the technique for displaying the color picture which consists of two or more pixels especially about the method of presentation / display medium / display of the color picture which used the homogeneous light.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally, a color picture is displayed as a set of two or more pixels, and one pixel is expressed by three primary colors. The three primary colors used at this time change with display media. That is, it is common to use a RGB three-primary-colors color coordinate system, when the so-called display of CRT, a liquid crystal display, etc. is used as a display medium, and to use a CMY three-primary-colors color coordinate system (and thing which added K to this), when print media, such as space, is used as a display medium. Since the image near natural color can be shown to human being's eye, the method of presentation of the color picture using such a three-primary-colors color coordinate system is used in the very large field.

[0003] Moreover, recently, the technique of displaying a color picture is also proposed by the set of the pixel which consists of a diffraction grating. For

example, the technique of displaying a color picture by the diffraction grating is indicated by using a RGB three-primary-colors color coordinate system for JP,3-206401,A and a Japanese-Patent-Application-No. No. 177504 [six to] specification, and arranging the pixel which consists of a diffraction grating on a flat surface.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When displaying a color picture using a three-primary-colors color coordinate system, it is necessary to express one pixel as three colors. However, when three colors cannot be physically piled up on a flat surface, it is necessary to divide one pixel into three sub-picture elements, and to show each color in each sub-picture element. For example, with color display equipment, one pixel will consist of three sub-picture elements, and the color specification of R, G, and B will be made by each sub-picture element, respectively. Moreover, in the color picture expressed by the diffraction grating, too, one pixel will consist of three sub-picture elements, and the diffraction grating which generates the diffracted light of R, G, and B, respectively will be formed in each sub-picture element. Thus, 1 pixel is divided into three sub-picture elements, and when a predetermined color is displayed as

combination color which each sub-picture element presents, compared with the case where a predetermined color is shown, brightness will fall to one third by 1 pixel in the whole. Moreover, since the limitation of resolution is not 1 pixel in magnitude and will be governed by the magnitude of one sub-picture element, resolution will also fall to one third.

[0005] Another trouble of the approach of displaying a color picture using this three-primary-colors color coordinate system is a point of being easy to produce a color gap. For example, it is known that the phenomenon of the so-called conversion gap will arise, and it is known for the CRT display device by printing that the phenomenon of the so-called aim gap between colors will arise.

[0006] Then, this invention aims at offering the method of presentation / display medium / display of the color picture which display brightness and resolution can be raised and can suppress generating of a color gap.

[0007]

[Means for Solving the Problem]

(1) In the approach of displaying the color picture which the 1st mode of this invention becomes from two or more pixels At least two sub-picture elements express each pixel, and 1st homogeneous-light λ_{α} is expressed to the

1st sub-picture element as the 1st brightness or concentration u . 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ is expressed to the 2nd sub-picture element as the 2nd brightness or concentration v , and the homogeneous light to be used and its brightness, or concentration is set independently to it for each pixel of every, respectively.

[0008] (2) In the method of presentation which starts like the 2nd mode of this invention -- the 1st above-mentioned voice -- [in the phase which prepares the color picture which defined the three-primary-colors color coordinate system which can express the homogeneous light of a visible wavelength region with a forward pixel value, and expressed the pixel of each / this three-primary-colors color coordinate system /, and the color solid of this three-primary-colors color coordinate system] The inside of the various combination color shown by the vector composition type " $u\lambda\alpha + v\lambda\beta$ " using vector $\lambda\beta$ which shows vector $\lambda\alpha$ and homogeneous-light $\lambda\beta$ of arbitration which show homogeneous-light $\lambda\alpha$ of arbitration, The phase which matches with the pixel concerned the combination color which occupies the same location as the pixel color which each pixel which constitutes a color picture has, or the near location, Each factor " u , $\lambda\alpha$,

v, $\lambda\beta$ " of the vector composition type showing the combination color matched, respectively about each pixel which constitutes a color picture is referred to. It is made to perform the phase of determining the 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ displayed on the 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ when it displays on the 1st sub-picture element] α , and its brightness u and 2nd sub-picture element, and its brightness v.

[0009] (3) In the method of presentation which starts like the 3rd mode of this invention -- the 2nd above-mentioned voice -- While defining the homogeneous light of a finite individual within visible wavelength as the homogeneous light equivalent to vector $\lambda\alpha$ in a vector composition type " $u\lambda\alpha + v\lambda\beta$ ", and $\lambda\beta$ The discrete value of a finite individual is defined as a value which should take the multipliers u and v in a vector composition type " $u\lambda\alpha + v\lambda\beta$." The combination color which occupies the same location as the pixel color which the pixel which constitutes a color picture among the combination color of the finite individual which defined and defined the combination color of a finite individual based on the homogeneous light and the discrete value of these finite individual has, or the near location is chosen, and the selected combination color is matched with

the pixel concerned.

[0010] (4) In the method of presentation which starts like the 4th mode of this invention -- the 3rd above-mentioned voice -- The 1st sub-picture element which has arranged the diffraction grating of the pitch according to the wavelength of homogeneous-light λ_α in the viewing area according to a multiplier u based on the vector composition type " $u\lambda_\alpha + v\lambda_\beta$ " showing the selected combination color, The 2nd sub-picture element which has arranged the diffraction grating of the pitch according to the wavelength of homogeneous-light λ_β in the viewing area according to a multiplier v is prepared, and these sub-picture elements are made to express an applicable pixel.

[0011] (5) In the method of presentation which starts like the 5th mode of this invention -- the 3rd above-mentioned voice -- The 1st sub-picture element which appears as a spot when irradiating a beam with the wavelength of homogeneous-light λ_α on the screen predetermined by the reinforcement according to a multiplier u based on the vector composition type " $u\lambda_\alpha + v\lambda_\beta$ " showing the selected combination color, The 2nd sub-picture element which appears as a spot when irradiating a beam with

the wavelength of homogeneous-light λ_{β} on the screen predetermined by the reinforcement according to a multiplier v is formed, and these sub-picture elements are made to express an applicable pixel.

[0012] (6) In the medium which displayed the color picture which the 6th mode of this invention becomes from two or more pixels At least two sub-picture elements express each pixel, and 1st homogeneous-light λ_{α} is expressed to the 1st sub-picture element as the 1st brightness or concentration u . 2nd homogeneous-light λ_{β} was expressed as the 2nd brightness or concentration v by the 2nd sub-picture element, and it is made for the homogeneous light used and its brightness, or concentration to have been independent for each pixel of every to it, respectively.

[0013] (7) the 7th mode of this invention -- the 6th above-mentioned voice -- in the display medium applied like, define the viewing area which had the property which emits the homogeneous light in each sub-picture element, and adjust the brightness of the homogeneous light which should be displayed with the area of this viewing area.

[0014] (8) the 8th mode of this invention -- the 6th above-mentioned voice -- in the display medium applied like, define the viewing area which had a

predetermined area in each sub-picture element, and form the diffraction grating of the pitch according to the homogeneous light which should be displayed in this viewing area.

[0015] (9) In the equipment which displays the color picture which the 9th mode of this invention becomes from two or more pixels The homogeneous-light light source with the function which can be made to modulate wavelength continuously or discretely over a predetermined visible wavelength region, makes the homogeneous light the shape of a beam, and is generated, A modulator with the function which modulates continuously or discretely the reinforcement of the homogeneous light generated in this homogeneous-light light source on the strength, By irradiating the homogeneous-light beam modulated by this modulator on the strength at the predetermined screen, forming the spot of a homogeneous-light beam on this screen, and scanning this spot on the screen The beam scanner which forms on the screen many pixels which consist of a spot, and by giving a predetermined wavelength assignment signal to the homogeneous-light light source The wavelength modulation control which specifies the homogeneous-light wavelength to generate, and by giving a predetermined on-the-strength assignment signal to a modulator on the strength

A control unit with the function to perform intensity modulation control which specifies the reinforcement of a homogeneous-light beam, One pixel is formed on the screen by performing 2nd control whose ***** and control unit specify the 1st control which specifies the 1st homogeneous-light wavelength and 1st reinforcement, and the 2nd homogeneous-light wavelength and 2nd reinforcement. By carrying out, one pixel is formed on the screen.

[0016]

[Embodiment of the Invention]

<< <three-primary-colors color-coordinate-system >>> Here, the gestalt of operation will be described, explaining this invention based on the radical Motohara **. Drawing 1 is drawing showing the color solid of the RGB system of color representation generally used, when displaying a color picture on display units, such as CRT. This color solid is a cube defined in three-dimensions system of coordinates with three axes of coordinates of R, G, and B, and one point P in this color solid will show one color expressed by composition of R, G, and B in three primary colors. For example, one point P of illustration has the coordinate value (rp, gp, bp) within this color solid, and shows the color expressed as the primary color R with the brightness value (or it is the same as

that of a concentration value and the following) r_p , the primary color G with the brightness value g_p , the primary color B with the brightness value b_p , and a mixed color of **.

[0017] Although each point in the color solid shown in this drawing 1 takes the coordinate value of 0-1 within the limits, only the point in this color solid cannot express all colors, and the color expressed by the point besides a color solid also exists. For example, in drawing 1, one point Q besides a color solid has the coordinate value besides this color solid ($r_q, g_q, -b_q$), and especially B coordinate value has taken the negative value. Thus, although a certain color will correspond theoretically also by one point Q containing a negative coordinate value, it is impossible to reproduce such a color with three primary colors RGB in fact. Considering the following examples, he can understand this easily. now -- RGB -- three light beams are prepared and suppose that this was irradiated at the predetermined screen. At this time, the color corresponding to one point P in the color solid of drawing 1 is reproducible by setting reinforcement of light beam R to r_p , setting reinforcement of light beam G to g_p , and compounding three spots formed in the screen of b_p , then these three light beams in the reinforcement of light beam B. the color corresponding to one point Q after all

although similarly it is necessary to set reinforcement of light beam B to $-b_q$ in order to reproduce the color corresponding to one point Q besides the color solid of drawing 1 , since it cannot perform physically making reinforcement of a light beam into a negative value in fact -- RGB -- it can reappear depending on a combination in three primary colors.

[0018] Although some color coordinate systems, such as a CMY color coordinate system, are known if it considers as a three-primary-colors color coordinate system in addition, practically reproducible colors will differ a little by which color coordinate system is adopted. As an RGB system of color representation, Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) has enacted the criteria in 1931. In the RGB system of color representation which this CIE enacted, the criteria wavelength of three primary colors RGB is determined as $R = 700\text{nm}$, $G = 546.1\text{nm}$, and $B = 435.8\text{nm}$, and they have been international criteria. However, in this RGB system of color representation, all the homogeneous-light spectrums of the area within visible wavelength cannot be expressed. Although it is the closed curve which connected the point corresponding to the color of the homogeneous light (light with single wavelength) until the spectrum closed curve S shown in drawing 1 results in

380nm - 660nm, and was obtained, the coordinate value has protruded the part into the space which takes negative. Therefore, in an RGB system of color representation, the homogeneous light of the area within visible wavelength which cannot be expressed will exist. The homogeneous light of the area within visible wavelength which cannot be expressed exists similarly by the CMY color coordinate system.

[0019] Then, the so-called XYZ color system replaced with an RGB system of color representation or a CMY color coordinate system is known. Drawing 2 is drawing showing the color solid of this XYZ color system. This color solid is a cube defined in three-dimensions system of coordinates with three axes of coordinates of X, Y, and Z, and one point P in this color solid will show one color expressed by composition of X, Y, and Z in three primary colors. For example, the primary color X which one point P of illustration has the coordinate value (x_p , y_p , z_p) within this color solid, and had the brightness value x_p The color expressed as the primary color Y with the brightness value y_p , the primary color Z with the brightness value z_p , and a mixed color of ** is shown. Similarly one point Q It has the coordinate value (x_q , y_q , z_q) within this color solid, and the color expressed as the primary color X with the brightness value x_q , the primary

color Y with the brightness value y_q , the primary color Z with the brightness value z_q , and a mixed color of ** is shown. Here, although the points P and Q within the RGB system of color representation shown in drawing 1 and the points P and Q within the XYZ color system shown in drawing 2 are expressing the respectively same color, the coordinate values in each color coordinate system will differ, respectively. Although Point Q is a point besides a color solid in an RGB system of color representation in the example of illustration, it is a point in a color solid in the XYZ color system.

[0020] The spectrum closed curve S which connected the point corresponding to the color of the homogeneous light (light with single wavelength) until the point that it should mind here results in 380nm - 660nm equivalent to a visible wavelength region in this XYZ color system, and was obtained is the point that each of X-axes, Y-axes, and Z-axes is located in the quadrant which takes a forward value. If another word is carried out, since each 3 axial-seat label value of the point on this spectrum closed curve S will take a forward value, the color of the homogeneous light of the area within visible wavelength can surely be reproduced actually according to an XYZ color system. For reference, the concrete numeric value of the brightness value (x y , z) in the XYZ color system

about the homogeneous light to 425nm - 660nm is shown in the following tables.

[0021]

[Table 1]

In addition, although three primary colors X, and Y and Z become three primary colors R and a color near G and B, respectively, this XYZ color system itself should not be called color coordinate system based on the criteria color of imagination color addition mixed stock, and no three primary colors X, and Y and Z will become the visible homogeneous light, and the color which cannot be recognized will also be contained in human being's eye in this XYZ color system.

[0022] The conversion to an XYZ color system from an RGB system of color

representation is [0023].

[Equation 1]

The becoming formula can perform uniquely. Namely, what is necessary is just to calculate the value which assigns the actual value of (r, g, b) to an above-mentioned formula (x y, z), in order to change into the color of an XYZ color system the color (color of an RGB system of color representation) expressed by the point P in the RGB system of color representation shown in drawing 1 (r, g, b). it obtains -- having had (x y, z) -- it becomes the coordinate value of the point P in the XYZ color system shown in drawing 2 (x y, z). Therefore, what is necessary is just to change into a pixel value (x y, z) the pixel value (r, g, b) which each pixel has based on an upper type, in order to change the image data expressed by the RGB system of color representation into the image data expressed by the XYZ color system.

[0024] Since the color expression using three-dimensions system of coordinates as indicated in time to be << <color composition >> on a 2-dimensional

chromaticity diagram> to drawing 2 turns into an expression on three-dimensions space, when it has a discussion on space, it is inconvenient. Then, standardization to which the sum of three coordinate values is set to 1 is performed, and, generally the technique of expressing this XYZ color system on a 2-dimensional flat surface is used. XY chromaticity diagram shown in drawing 3 expresses the XYZ color system shown in drawing 2 on a 2-dimensional flat surface using such technique. For example, about the point P in drawing 2 (x_p , y_p , z_p), it is $x=x_p/(x_p+y_p+z_p)$.

$$y=y_p/(x_p+y_p+z_p)$$

By becoming standardization, x and y will be called for and corresponding points will be plotted on XY chromaticity diagram shown in drawing 3 by the location equivalent to a 2-dimensional coordinate value (x y). The spectrum closed curve S shown in drawing 2 turns into a 2-dimensional closed curve on XY chromaticity diagram of drawing 3 . XY chromaticity diagram of this drawing 3 plotted and showed the location of the homogeneous light within the section with a wavelength of 420nm - 660nm at intervals of 20nm on the about U character-like spectrum closed curve S. here -- the endpoint by the side of short wavelength (420nm point), and a long wave -- although the endpoint by the side of merit

(660nm point) is connected in a straight line and the closed region is formed by the spectrum closed curve S, the color equivalent to the point of the arbitration in the closed region inside this spectrum closed curve S turns into combination color obtained by compounding not the homogeneous light but two or more homogeneous lights. And it is known that the color equivalent to the point of the arbitration in this closed region can be expressed by compounding the three homogeneous lights equivalent to three on the spectrum closed curve S predetermined.

[0025] On the other hand, composition of the two homogeneous lights equivalent to two on the spectrum closed curve S predetermined knows that the color on the segment L which connects the two points can be expressed. This principle is shown in XY chromaticity diagram of drawing 4 . In the example of this drawing 4 , one point λ_{α} (homogeneous light with a wavelength of 500nm) and one point λ_{β} (homogeneous light with a wavelength of 580nm) on the spectrum closed curve S are chosen, and Segment L is lengthened among both points. In this case, the color equivalent to the point of the arbitration on Segment L can be expressed by compounding the homogeneous light with a wavelength [equivalent to point λ_{α}] of 500nm, and the homogeneous

light with a wavelength [equivalent to point λ_{β}] of 580nm. It is determined based on a synthetic ratio which color on Segment L the compounded color turns into. Namely, the more it raises the synthetic ratio of the homogeneous light which the color near point λ_{α} is expressed and is the wavelength of 580nm the more the more it raises the synthetic ratio of the homogeneous light with a wavelength of 500nm, the more the color near point λ_{β} will be expressed.

[0026] By the way, the segment L which connects two points of the arbitration on the spectrum closed curve S exists innumerably, and the segment L which passes along the point of the arbitration in the closed region surrounded with the spectrum closed curve S geometrically exists innumerably. Therefore, composition of the homogeneous light equivalent to two on the spectrum closed curve S can surely express the color (all the colors that human being can recognize are contained here) of the point of the arbitration in this closed region, and, moreover, the combination of those two homogeneous lights exists in infinity. Therefore, theoretically, even if it uses only two kinds of homogeneous lights, it will be possible to express all the colors in this closed region, and, moreover, that degree of freedom will be quite high. If its attention is paid to the

height of this degree of freedom, even if it fixes one side of two kinds of homogeneous lights, it turns out that it is possible to express all the colors in a closed region. Drawing 5 is XY chromaticity diagram showing the color expression approach at the time of fixing one homogeneous light in this way. Wavelength λ_α of the 1st homogeneous light is fixed to 420nm in this example. Thus, though wavelength λ_α of the 1st homogeneous light was being fixed, if wavelength λ_β of the 2nd homogeneous light is free, it is possible to express all the colors in this closed region. Since wavelength λ_β of the 2nd homogeneous light was set up freely, though one endpoint λ_α of a segment was being fixed, it is because another endpoint λ_β can move freely on the spectrum closed curve S.

[0027] The color equivalent to the point of the arbitration in the closed region where this was surrounded with the spectrum closed curve S means that it can express by compounding the homogeneous light of 420nm, and another another homogeneous light. Such a principle understands the right thing also from the spectral sensitivity characteristic of the cone in the eyeball of human being who shows drawing 6 . Generally in human being's eyeball, three kinds of cones which receive the stimulus by the three primary colors of RGB exist, and it is

known that the spectral sensitivity characteristics SR, SG, and SB of these cones come to be shown in the graph of drawing 6 . Here, it turns out that the sensibility properties SR and SG overlap mutually and a stimulus can be given to two cones by the same homogeneous light at coincidence. Moreover, the peak location of the sensibility property SB is located near about 420nm, as a broken line shows to drawing. Then, if the stimulus to the cone which has the sensibility property SB by homogeneous-light λ_{α} of the wavelength immobilization of 420nm is given and the stimulus to a cone with the cone and the sensibility property SG which have the sensibility property SR by wavelength adjustable homogeneous-light λ_{β} is given, by the two homogeneous lights, a stimulus can be given to all the three cones and almost all the colors that human being can recognize can be expressed. The fundamental idea of this invention is in the point that composition of the two homogeneous lights performs a color expression, by such principle.

[0028] << <color composition >> by the three-dimensions vector>, thus composition of the two homogeneous lights can explain the approach of performing a color expression, as vector composition in three-dimensions system of coordinates. For example, in the XYZ color system shown in drawing

$\underline{7}$, the color of the arbitration in a color solid is made to express with the vector from Zero O. Namely, the color of the homogeneous light equivalent to the point P on the spectrum closed curve S (x_{α} , y_{α} , z_{α}) The color of the homogeneous light which is expressed by vector λ_{α} which tends toward this point from Zero O, and is equivalent to same another point P on the spectrum closed curve S (x_{β} , y_{β} , z_{β}) It is expressed by vector λ_{β} which tends toward this point from Zero O (in addition on these specifications). It supposes that a vector notation is omitted from constraint of an electronic application, and a notation " λ_{α} , λ_{β} " is carried out to using also as the notation which shows the specific homogeneous light or its wavelength, and a vector which shows the point equivalent to this homogeneous light on a color solid. When the vector composition types " $C = u\lambda_{\alpha} + v\lambda_{\beta}$ " using the predetermined multipliers u and v are considered to be vector λ_{α} and λ_{β} here, the vector C expressed with this vector composition type shows the combination color P (x^{****} , y^{****} , z^{****}) expressed by two composition, homogeneous-light λ_{α} and λ_{β} . In addition, in the above-mentioned vector composition type, when either of the multipliers u and v is zero and another side

is 1, the combination color which Vector C shows will show the homogeneous light itself. Then, **** which it "combination color" Comes to set on these specifications is made to use in the large semantics containing "the color of the homogeneous light."

[0029] Since it is the three-primary-colors color coordinate system as which an XYZ color system can express all the homogeneous lights of a visible wavelength region with a forward coordinate value unlike an RGB system of color representation as already stated, each of vector $\lambda\alpha$ and $\lambda\beta$ can be expressed in combination with a forward coordinate value (x y, z). Moreover, it can express in the combination in which the color in the closed region in drawing 4 or XY chromaticity diagram of drawing 5 (all colors that human being can recognize) also had a forward coordinate value (x y, z), and when these colors are expressed with the above-mentioned vector composition type " $C=u\lambda\alpha+v\lambda\beta$ ", multipliers u and v surely become a forward value. When the same vector composition was incidentally tried by the RGB system of color representation and it is going to carry out vector composition of the specific color expressed in the combination of (r, g, b), the case where multipliers u and v take a negative value will arise, and trouble will

be produced practically. Since multipliers u and v show the brightness value of homogeneous-light λ_{α} and λ_{β} , respectively, when a negative value is taken, they are because it becomes impossible to generate such the homogeneous light actually. In this invention, expressing the color of each pixel by the XYZ color system is based on such a reason.

[0030] After all, the color expressed with the pixel value in an XYZ color system (x, y, z) can be expressed with two combination color of homogeneous-light λ_{α} and λ_{β} . What is necessary is concretely, just to take the following approaches, in order to search for the combination of the two homogeneous lights. First, the various combination color equivalent to the vector C shown by the vector composition type " $C = u\lambda_{\alpha} + v\lambda_{\beta}$ " using vector λ_{β} which shows vector λ_{α} and homogeneous-light λ_{β} of arbitration which show homogeneous-light λ_{α} of arbitration in the color solid of an XYZ color system as shown in drawing 7 is considered. Such combination color will be expressed as a point of the tip location of the arrow head of Vector C within a color solid. Moreover, the pixel with the pixel value in an XYZ color system (x, y, z) is expressed within a color solid as a point of the location shown with Point $P(x, y, z)$. Then, if the tip

location of an arrow head searches for the vector C which occupies the same location as Point $P(x, y, z)$ and refers to the vector composition type " $C = u\lambda_{\alpha} + v\lambda_{\beta}$ " about this vector C , the combination of specific two homogeneous-lights λ_{α} and λ_{β} and the multipliers u and v which show that synthetic ratio can be found.

[0031] The segment L which passes along the point of the arbitration in the closed region surrounded with the spectrum closed curve S exists innumerably theoretically as shown in XY chromaticity diagram of $\langle\langle \text{multiplier} \rangle\rangle$ which takes homogeneous-light and discrete value of finite individual drawing 4. A theory top is because the point (namely, wavelength of the arbitration of the area within continuous wave length of 420nm - 650nm) of the arbitration of the U character-like part of the spectrum closed curve S can be taken as homogeneous-light λ_{α} from which this serves as a both-ends point of Segment L , and λ_{β} . However, it is difficult to display a color picture practically using the homogeneous light of such an infinity class. To express the homogeneous light using a diffraction grating so that it may mention later especially, it is very difficult to prepare the diffraction grating of an infinity class, and it necessary to limit to the diffraction grating of a finite class practically. So,

in the example mentioned later, the step in every 25nm defines ten kinds of homogeneous lights until it results in the homogeneous light with a homogeneous light of with a wavelength of 425nm - a wavelength of 650nm.

Drawing 8 plots ten kinds of homogeneous lights defined by doing in this way in XY chromaticity diagram.

[0032] If the homogeneous light to be used is limited to such ten kinds, since it is necessary to choose the both-ends point which constitutes Segment L from ten kinds of these homogeneous lights, only 45 kinds of combination of it will be lost with the combination which chooses two from ten kinds, i.e., the sum total. 45 segments shown in drawing 8 show this combination. And when only ten kinds of this homogeneous light is used, only the color equivalent to the point on these 45 segments can be expressed.

[0033] Moreover, although the premise that the multipliers u and v when compounding two homogeneous-lights λ_{α} and λ_{β} can take a continuation value has explained, when expressing the homogeneous light using a diffraction grating, it must have been made for these multipliers u and v not to take a discrete value until now so that it may mention later. In the example mentioned later, v takes multipliers u and 0, $1/31$, $2/31$, $3/31$, $4/31$, --, or a total of

32 kinds of discrete values of 30/31 and 31/31 ($0 \leq u, v \leq 1$);

[0034] When premised on using the multiplier which takes the homogeneous light and the discrete value of a finite individual, it becomes impossible thus, to express correctly a color with the pixel value of the arbitration set to an XYZ color system (x y, z), and the completely same color by the two homogeneous lights.

For example, as shown in drawing 9 , even if there is a pixel color expressed as a point of the location shown with Point P (x y, z) in the color solid of an XYZ color system, the vector C to which the tip location of an arrow head occupies the completely same location as this point P (x y, z) will not necessarily exist. In such a case, the tip location of an arrow head will substitute for the vector C which occupies the near location of this point P (x y, z). In the example of drawing 9 , although the tip location of the arrow head of Vector C is Point P (x****, y****, z****) and Point P (x y, z) is not completely in agreement, both distance d is in a tolerance and can call Point P (x****, y****, z****) the point near the point P (x y, z). Then, with reference to the vector composition type "C=u-lambdaalpha+v-lambdabeta" about this vector C, the pixel color equivalent to Point P (x y, z) will be expressed in approximation by displaying two homogeneous-lights lambdaalpha and lambdabeta by the brightness according

to multipliers u and v , respectively.

[0035] In the case of an above-mentioned example, two homogeneous-lights λ_α and λ_β are either of ten kinds of homogeneous lights which defined all beforehand, and the value which should take two multipliers u and v becomes either of 32 kinds of discrete values. Therefore, if selection of the same homogeneous light will be allowed out of ten kinds of homogeneous lights as the two homogeneous lights, C will exist = $(32 \times 10 + 32 \times 10)$ 3202 kinds of vectors expressed with a vector composition type " $C = u\lambda_\alpha + v\lambda_\beta$." Namely, what is necessary is just to choose only the point which is in agreement with the predetermined point $P(x, y, z)$, or one nearby point from 3202 kinds of these points in drawing 9, since 3202 kinds of points equivalent to $P(x^{****}, y^{****}, z^{****})$ will exist. What is necessary is just to choose only one combination color matched with the pixel color shown with the predetermined point $P(x, y, z)$ from 3202 kinds of combination color compounded by vector composition, if another word is carried out.

[0036] The 1st approach for performing such selection is an approach calculate the air clearance d in the color solid to the predetermined point $P(x, y, z)$, and this air clearance d chooses the smallest combination color about each of the

point which shows 3202 kinds of combination color. It appoints Tolerance E beforehand, and when combination color with which air clearance d is satisfied of $d < E$ is found in the 2nd approach for performing same selection, it is the approach of choosing the combination color immediately. The first combination color which fills with this 2nd approach the conditions which become $d < E$ will be chosen.

[0037] If the 2nd approach is taken to the theoretical nearest combination color being chosen if the 1st approach is taken, the not necessarily nearest combination color will not be chosen. However, it cannot necessarily be said practically that the 1st approach is excellent. As opposed to an operation burden becoming huge since it is necessary to perform the operation which finds air clearance d about 3202 kinds of all combination color by the 1st approach by the 2nd approach If the combination color which selection of combination color may be performed comparatively early and will fulfill conditions if a certain amount of value as a tolerance E is set up is obtained, since it is not necessary to perform the operation about the remaining combination color, an operation burden is mitigated.

[0038] Moreover, another merit which the 2nd approach has to the 1st approach

is the point which may be able to choose practically more desirable combination color. For example, when you choose only one combination color near the predetermined pixel color, the air clearance of the 1st candidate's combination color and a pixel color is d_1 , and suppose that the air clearance of the 2nd candidate's combination color and a pixel color was d_2 . And supposing it is $d_1 < d_2$ in this case, theoretically, the 1st candidate's combination color is a color nearest to a pixel color, and according to the 1st above-mentioned approach, the 1st candidate's combination color will be chosen. However, it is more desirable for each of $u=30/31$, and $v=28/32$ and multiplier values to all, choose [$u=1/31$, and $v=2/32$ and a multiplier value] the 2nd candidate's combination color practically with the 2nd candidate's combination color, to the thing near zero, with the 1st candidate's combination color, when close to 1. The multiplier values u and v are because it is desirable to use the thing of the biggest possible value, when performing clear image display, since it is the value which shows the brightness or concentration when displaying the homogeneous light. In the 2nd approach, when it was made to perform count and conditional judgment of air clearance in an order from combination color with the big multiplier values u and v and the combination color of the 2nd candidate in an above-mentioned

example is what satisfies the becoming conditions $d < E$, the 2nd candidate's combination color will be chosen.

[0039] The outline of the method of presentation of the color picture concerning this invention is explained referring to << <outline >> of the method of presentation of the color picture concerning this invention>, then drawing 10 .

Here, when the subject-copy image expressed by the RGB system of color representation exists, the outline of processing of performing the color picture display which relates to this invention based on this subject-copy image is explained. The pixel value (r, g, b) is defined about each pixel by the subject-copy image expressed by the RGB system of color representation. In order to display such a pixel Q1 on a CRT display etc., as shown in the upper left of drawing 10 , three sub-picture elements Q11, Q12, and Q13 will be defined in a pixel Q1, primary color R will be expressed as brightness r in a sub-picture element Q11, primary color G will be expressed as brightness g in a sub-picture element Q12, and primary color B will be displayed by brightness b in a sub-picture element Q13. However, in such the method of presentation, since 1 pixel is divided into three sub-picture elements, it is as having already stated that there is a problem that overall brightness and resolution fall and the color gap

between the three primary colors arises.

[0040] Then, the pixel value (r, g, b) of an RGB system of color representation is changed into the pixel value (x, y, z) of an XYZ color system, and Point P (x, y, z) is searched for in the color solid of an XYZ color system as shown in drawing 9.

Such (r, g, b) conversion of $\rightarrow (x, y, z)$ can be uniquely performed based on the formula mentioned above. Next, by the approach mentioned above, it asks for the combination color which occupies the same location as this point P (x, y, z) , or the near location, and this combination color is matched with the pixel Q1 of a basis. And with reference to each factor "u, $\lambda\alpha$, v, $\lambda\beta$ " of the vector composition type " $u\lambda\alpha + v\lambda\beta$ " about this matched combination color, the 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ displayed on the 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ [when it displays on the 1st sub-picture element] α , and its brightness u and 2nd sub-picture element, and its brightness v are determined. And finally, as shown in the upper right of drawing 10, two sub-picture elements Q21 and Q22 are defined in a pixel Q2, 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ is expressed as brightness u in the 1st sub-picture element Q21, and 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ is expressed as brightness v in the 2nd sub-picture element Q22.

[0041] The pixel Q1 shown in drawing 10 displays a specific pixel according to the conventional general RGB system of color representation, and a pixel Q2 displays the same pixel by the approach of this invention. In short, in the method of presentation of the color picture concerning this invention, two sub-picture elements will be defined in one pixel, 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ will be expressed to the 1st sub-picture element as the 1st brightness u , and 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ will be displayed on the 2nd sub-picture element by the 2nd brightness v . And to three primary colors, primary color R, primary color G, and primary color B, always being displayed in each sub-picture element, for each pixel of every, I hear that the homogeneous lights displayed in the sub-picture element differ, and there is an important point by the image display by this invention by the image display by the RGB system of color representation at every pixel. If another word is carried out, the homogeneous light to be used and its brightness will be set up independently for each pixel of every, respectively.

[0042] If it explains more concretely, as for the color displayed in a sub-picture element by the image display approach by the conventional general RGB system of color representation (CMY color coordinate system etc. is the same),

every pixel is always being fixed to three primary colors, primary color R, primary color G, and primary color B, and the brightness values (in the case of a CMY color coordinate system, it is a concentration value) about these three primary colors only differ between each pixels. On the other hand, by the image display approach by this invention, the combination of the specific homogeneous light is not necessarily being fixed and the combination of the homogeneous light which became independent for each pixel of every, respectively will arise. Of course, the brightness value (values u and v) about each homogeneous light will also have been independent for each pixel of every. For example Pixel 1: $\lambda_{\alpha}=420$ nm, $u=18/32$, and $\lambda_{\beta}=580$ nm and $v=22/32$ pixel 2: $\lambda_{\alpha}=550$ nm, $u=10/32$, $\lambda_{\beta}=650$ nm, and $v=12/32$ -pixel 3: $\lambda_{\alpha}=480$ nm, $u=14/32$, $\lambda_{\beta}=560$ nm, and $v=15/32$ -pixel 4: $\lambda_{\alpha}=500$ nm, $u=23/32$, $\lambda_{\beta}=620$ nm, and $v=32/32$ Four elements called λ_{α} , u , λ_{β} , and v will completely be set up independently for every pixel.

[0043] The pixel Q2 is divided into two sub-picture elements to the pixel Q1 shown in drawing 10 being divided into three sub-picture elements. Therefore, according to this invention, the problem of the fall of the brightness by using a

sub-picture element or resolution or the problem that a color gap arises will be solved 3/2 compared with the conventional approach.

[0044] In addition, it is also possible to divide into many sub-picture elements more in the example shown in drawing 10 , although the pixel Q2 is divided into two sub-picture elements Q21 and Q22. For example, it is also possible to take the approach of dividing into four sub-picture element Q21a, Q21b, Q22a, and Q22b, expressing 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ as brightness u in sub-picture element Q21a and Q21b, and expressing 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ as brightness v in sub-picture element Q22a and Q22b. As long as the combination color by two homogeneous-lights $\lambda\alpha$ expressed with a vector composition type " $C=u\lambda\alpha+v\lambda\beta$ " and $\lambda\beta$ is displayed in one pixel by this invention in short, what kind of thing is sufficient as the gestalt of a sub-picture element.

[0045]

[Example] Hereafter, it explains based on the example illustrating this invention.

[0046] **1. Generally the seal using a diffraction grating is used as seals for forged prevention, such as the conventional color picture method-of-presentation credit card using a diffraction grating, and a video tape,

and the approach of displaying a color picture on the image display medium using such a diffraction grating is proposed. For example, the technique of constituting each pixel from a diffraction grating on Japanese-Patent-Application-No. No. 177504 [six to] specifications, expressing a color with the gridline pitch of this diffraction grating on them, and expressing brightness by the screen product of a diffraction grating is indicated.

[0047] Drawing 11 is the side elevation showing the condition of observing such a diffraction grating G. It is p-sinphi when observation is performed from the direction to which only the include angle phi inclined to the direction of radiation of this white light, applying the white light from the perpendicular upper part of a diffraction grating G. = The diffraction phenomena based on the Bragg's equation which becomes $n\lambda = d \sin \phi$ happen. Here, the wavelength of the diffracted light from which the gridline pitch of a diffraction grating and phi are obtained by the angle of diffraction, and lambda is obtained for p in the direction of this angle of diffraction phi, and n are the degrees of the diffracted light. Therefore, the observation direction is fixed (phi is fixed), and if only the primary diffracted light (n= 1) will be taken into consideration, the wavelength lambda of the diffracted light observed in this fixed observation direction will become

settled uniquely based on the pitch p of a diffraction grating.

[0048] Here, it thinks for a more concrete numeric value. For example, in drawing 11, the case where it observes from [which becomes $\phi = 30$ degrees]

observation is considered. Then, since it is set to $\sin\phi = 1/2$, in the case of [about the primary diffracted light] $n = 1$, an above-mentioned formula is $p = (1/2) \cdot \lambda$.

= It is set to λ . That is, in this observation direction, the primary diffracted light with (one half of the wavelength) of the diffraction-grating pitch p will be observed. Supposing it sets the wavelength of each primary color in an RGB system of color representation as the primary color of R = 600nm, the primary color of G = 500nm, and the primary color of B = 400nm there, in approximation on above-mentioned observation conditions The primary diffracted light of the wavelength of primary color R will be obtained from a diffraction grating with a pitch of $p = 1.2$ micrometers, the primary diffracted light of the wavelength of primary color G will be obtained from the diffraction grating which is the pitch of $p = 1.0$ micrometers, and the primary diffracted light of the wavelength of primary color B will be obtained from the diffraction grating which is the pitch of $p = 0.8$ micrometers. In this way, the three primary colors of an RGB system of color representation can be displayed by three kinds of this diffraction grating. That is,

if three sub-picture elements constitute 1 pixel and three kinds of above-mentioned diffraction gratings are formed in these three sub-picture elements, respectively, it will become possible to display the color of the arbitration of an RGB system of color representation by this whole pixel.

[0049] On the other hand, the brightness of each sub-picture element can be adjusted by the screen product. For example, as shown in drawing 12, five kinds of diffraction-grating patterns P11-P15 with which the diffraction-grating formation fields V differ are prepared. Although all support all the fields of a sub-picture element, as for the outer frame, the diffraction grating is surely formed for them in [this all] the field only in the diffraction-grating formation field V which a diffraction grating is not necessarily formed and had a predetermined area. By the diffraction-grating pattern P11, since the area of the diffraction-grating formation field V is set as 0, even if it assigns this pattern P11 to a sub-picture element, the brightness of the diffracted light is set to 0. On the other hand, by the diffraction-grating pattern P15, since the area of the diffraction-grating formation field V is set up equally to the area of an outer frame, if this pattern P15 is assigned to a sub-picture element, the brightness of the diffracted light will serve as max. Drawing 12 has shown the surface ratio to the

outer frame of the diffraction-grating formation field V under each diffraction-grating pattern. Here, although only five kinds of diffraction-grating patterns P11-P15 are shown, if surface ratio prepares 0/31, 1/31, 2/31, 3/31, —, a total of 32 kinds of diffraction-grating patterns used as 30/31 and 31/31, 32 steps of brightness expressions (5-bit gradation expression) will be attained about one primary color.

[0050] Thus, since a color can be set up with the gridline pitch of a diffraction grating and brightness can be set up by the screen product (area of the diffraction-grating formation field V) For example, as shown in drawing 13 , 32 steps of brightness expressions are performed about one primary color, and 32 kinds of diffraction-grating patterns matched with the pixel values 0-31, respectively are prepared (by a diagram). If only five typical steps are shown and this [a certain] is prepared for every primary color, respectively, the color picture display which had the gradation expression of 5 bits for every primary color will be attained.

[0051] In order to actually perform a color picture display using these diffraction-grating patterns, it is drawing 14 (a). What is necessary is just to perform allotment as shown. Each square shows one sub-picture element, and 1

pixel is constituted from this example by three sub-picture elements located in a line with the longitudinal direction. Namely, each of Q1, Q2, and Q3 of drawing constitutes one pixel. R1 and G1 which were described at three sub-picture elements in a pixel Q1, and the notation which becomes B1 show any one pattern in the diffraction-grating pattern shown in drawing 13 . R1 is one pattern in the train of R of drawing 13 , G1 is one pattern in the train of G of drawing 13 here, and B1 is one pattern in the train of B of drawing 13 . The same is said of the sub-picture element which constitutes pixels Q2 and Q3. However, although he is trying for the order of an array in three primary colors about three sub-picture elements to differ in pixels Q1, Q2, and Q3, it is consideration to acquire a color property with this more uniform. Drawing 14 (b) It is another example which changed this order of an array in three primary colors. Drawing 15 is drawing 14 (a). It is drawing showing the condition of having actually assigned the diffraction-grating pattern on the medium, based on the shown allotment.

[0052] As mentioned above, although the conventional color picture method of presentation using a diffraction grating was explained briefly, it is as having already pointed out that there are some problems in this approach. namely, area

with the field remarkable as 1 pixel is divided into three sub-picture elements and it is moreover shown in drawing 15 by this approach in which the diffraction grating is not formed -- **** -- since it becomes things, there is a problem that overall brightness falls. Moreover, the limitation of resolution can be realized only to one third of the resolution of the resolution which should be obtained essentially, when 1 pixel is constituted from three sub-picture elements, since it is influenced by the magnitude of each sub-picture element. Furthermore, color shifting will also become generated if a position error is in arrangement of each sub-picture element.

[0053] **2. the outline of the color picture method of presentation of this invention using a diffraction grating -- describe below the example which applied this invention to the color picture method of presentation using this diffraction grating there. In this example, the diffraction-grating pattern shown in drawing 16 is prepared instead of the diffraction-grating pattern shown in drawing 13 .

Although on [of illustration] expedient and here show only the $3 \times 5 = 15$ kind pattern, a $10 \times 32 = 320$ kind pattern is prepared in fact. Namely, about a color, it is 25nm unit from the wavelength of 425nm (diffraction-grating pitch of $p = 0.85$ micrometers). A total of ten kinds of homogeneous lights are prepared, and a

total of 32 kinds of gradation of 0/31, 1/31, 2/31, 3/31, --, 30/31, and 31/31 is prepared about brightness (shown by the brightness values u or v) until it results in the wavelength of 650nm (diffraction-grating pitch of $p=1.3$ micrometers).

[0054] Drawing 17 shows by using as a chart the diffraction-grating pattern shown in drawing 16 . If two predetermined patterns are chosen, and these two selected patterns are put in order out of a total of 320 kinds of patterns shown in this chart as shown under the table, Q1 [1-pixel] will be expressed by these two patterns (if another word is carried out, each pattern will constitute sub-picture elements Q11 and Q12, respectively). In the example shown in drawing 17 , the homogeneous light of wavelength λ_3 (475nm) is expressed as brightness (2/31) in a sub-picture element Q11, and the homogeneous light of wavelength λ_7 (575nm) is expressed as brightness (30/31) in the sub-picture element Q12. Thus, the color of the pixel Q1 displayed as combination color of two sub-picture elements Q11 and Q12 is a color shown by the synthetic predetermined vector C in the color solid of the XYZ color system shown in drawing 18 , and it is as having already stated that this vector C is expressed with a vector composition type " $C=u\lambda_{\alpha}+v\lambda_{\beta}$."

[0055] If the combination which chooses two patterns is allowed to make

duplication selection of the same pattern out of 320 kinds of patterns shown in the chart of drawing 17 , 3202 kinds will exist. And each of such combination will show the combination color corresponding to one in the color solid shown in drawing 18 , respectively. By the approach by this invention, as already stated, when the pixel color shown with Point P (x y, z) is given, one combination color near this point P will be chosen, and this selected combination color will perform a pixel display in the color solid of an XYZ color system. In drawing 18 , the air clearance d with the tip of the arrow head of the vector C which shows Point P (x y, z) and predetermined combination color will specifically be calculated, and the combination color from which this air clearance d serves as min will be chosen, or air clearance d will choose 1 combination color in the predetermined tolerance E. In order to calculate air clearance d, specifically, it is [0056].

[Equation 2]

What is necessary is just to use the becoming geometric operation expression.

Here, x, and y and z are [each coordinate value of the tip point P of the arrow head of homogeneous-light vector $\lambda\alpha$ ($x\alpha$, $y\alpha$, $z\alpha$), $x\beta$,

ybeta, and zbeta of each coordinate value of Point P (x y, z), xalpha, yalpha, and zalpha] each coordinate value of the tip point P of the arrow head of homogeneous-light vector lambdabeta (xbeta, ybeta, zbeta).

[0057] **3. Explain the concrete procedure of the procedure of the color picture method of presentation of this invention using a diffraction grating, then the color picture method of presentation of this invention using a diffraction grating based on the flow chart of drawing 19 . Here, the procedure in the case of displaying 1 pixel expressed by the RGB system of color representation by the approach by this invention is explained. 1 pixel is expressed in the expression by the RGB system of color representation by the pixel value (r, g, b) about each three primary colors RGB. Then, in step S1, this pixel value (r, g, b) is inputted first. Here, $0 \leq r, g$, and the pixel value standardized so that it might be set to $b \leq 1$ are inputted. Then, in step S2, the pixel value (r, g, b) of this RGB system of color representation is changed into the pixel value (x y, z) of an XYZ color system. This conversion can be uniquely performed based on transformation, as mentioned above. In addition, the reason for performing the following processings not by the RGB system of color representation but by the XYZ color system As already stated, it sets to an XYZ color system. It is because all the

homogeneous lights of a visible wavelength region can express with a forward pixel value, so the multipliers u and v of the vector composition type " $C=u\lambda\alpha+v\lambda\beta$ " for acquiring the synthetic vector C which shows required combination color surely become just (if multipliers u and v become negative). It must stop having to form a diffraction grating in a field with a negative area, and becomes unrealizable physically.

[0058] Next, the initial value of various parameters is set up in steps S3-S7. First, at step S3, the initial value of Tolerance E is set as $0.1/31$. In the example described here, not the approach air clearance d asks for the shortest combination color but the method of asking for the combination color which fulfills the conditions that air clearance d is under the predetermined tolerance E is taken. The initial value of this tolerance E will be set up at step S3. In continuing step S4, the initial value of 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ is set as 650nm, and the initial value of 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ is set as 425nm at step S5. Furthermore, at step S6, the initial value of the brightness value u about the 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ is set as 1.0, and the initial value of the brightness value v about the 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ is set as 1.0 at step S7. After all, in such initial setting, the

combination of the pattern of the line (column of $31 / 31 = 1.0$) of the bottom of the train (column of $\lambda 10$) of most right-hand side and the pattern of the line (column of $31 / 31 = 1.0$) of the bottom of the train (column of $\lambda 1$) of most left-hand side serves as the first candidate's combination color in the chart shown in drawing 17 .

[0059] At continuing step S8, the air clearance d on the color solid of this combination color and the color expressed with the pixel value (x, y, z) of a basis is calculated, and it is judged in step S9 whether this air clearance d is under the tolerance E set up at step S3. In addition, instead of calculating the air clearance d in three-dimensions space, and judging whether it is $d < E$ The distance Δx of the single dimension about X shaft orientations, distance Δy of the single dimension about Y shaft orientations, Compute separately distance Δz of the single dimension about Z shaft orientations, respectively, and the error e about distance of the single dimension set up instead of the tolerance E of three dimensions is used. When $\Delta x < e$, $\Delta y < e$, and the conditions that become $\Delta z < e$ are satisfied, you may make it judge it as the inside of error range.

[0060] In the decision in this step S8, when it is beyond an error, it progresses to step S11 from step S10, the brightness value v is reduced only $(1/31)$, and the

processing from step S8 is repeated. In this way, the brightness value v about the 2nd homogeneous-light λ_{β} is updated with 30/31, 29/31, and -- from initial value 1.0 (31/31), and the comparison with the air clearance d about new combination color and Tolerance E is performed each time. In this way, if the combination color within an error is not found even if it becomes the brightness value $v = 0$, it will progress to step S13 through step S12 from step S10, the brightness value u will be reduced only (1/31) shortly, and the processing from step S7 will be repeated. In this way, the brightness value u about the 1st homogeneous-light λ_{α} is updated with 30/31, 29/31, and -- from initial value 1.0 (= 31/31), and the procedure of steps S7-S13 is performed repeatedly.

[0061] In this way, if the combination color within an error is not found even if it becomes the brightness value $u = 0$, it will progress to step S15 through step S14 from step S12, the wavelength of 2nd homogeneous-light λ_{β} will increase shortly only by 25nm (set to $\lambda_{\beta} = 450\text{nm}$), and the processing from step S6 will be repeated. In this way, 2nd homogeneous-light λ_{β} is updated with 450nm, 475nm, and -- from the initial value of 425nm, and the procedure of steps S6-S15 is performed repeatedly. And if the combination color

within an error is not found even if it becomes $\alpha = 650\text{nm}$ of λ
 $\beta = \lambda$, it will progress to step S17 through step S16 from step S14, the
wavelength of 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ will decrease only by 25nm
shortly (set to $\lambda\alpha = 625\text{nm}$), and the processing from step S5 will be
repeated. In this way, 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ is updated with
625nm, 600nm, and -- from the initial value of 650nm, and the procedure of
steps S5-S17 is performed repeatedly.

[0062] In this way, if the combination color within an error is not found in addition
even if the processing about all combination color is completed, will progress to
step S18 from step S16, Tolerance E will be made to increase only by (0.1/31),
conditions will be reset up gently, and processing from step S4 will be repeated
and performed again. According to such a procedure, the combination color with
which it is finally surely satisfied of the conditions of step S9 will be found, then, it
progresses to step S19 from step S9, and the combination color is decided. That
is, the pixel which the value of "u, $\lambda\alpha$, v, $\lambda\beta$ " in the time will
be decided, and was expressed with the pixel value (x y, z) of an XYZ color
system will be displayed with the combination color shown by the vector
composition formula " $C = u\lambda\alpha + v\lambda\beta$."

[0063] The combination color chosen in this procedure not necessarily has air clearance d in the thing found in the beginning of the combination color with which air clearance d fills the conditions under of the tolerance E instead of the minimum thing. However, the approach of this procedure is practically acquired for a merit rather than the approach air clearance d finds the minimum combination color. That 1st reason has high possibility that the combination color which should be chosen will be found before possibility that combination color will be found with this initial setting becoming high and calculating step S8 about 3202 kinds of total synthesis colors, if the initial value of Tolerance E is set up somewhat loosely in step S3, and is because an operation burden is mitigated. And the air clearance d of the 2nd reason is because desirable combination color may be chosen more practical than the minimum combination color. In initial setting of steps S6 and S7, the initial value of the brightness values u and v is 1.0, and has taken the approach of decreasing to 0 gradually below. Therefore, the probability for a bigger combination than that of a brightness value to be chosen becomes high. Practically, even if air clearance d is somewhat large, it is desirable at the point that the display with clearer choosing the larger combination color of a brightness value can be performed.

[0064] In addition, the combination of the pixel value (r, g, b) inputted in step S1 is a finite individual actually. For example, if 32 gradation of 0-31 expressed each of r, g, and b, a total combination of a pixel value (r, g, b) is 323 kinds. Then, the procedure shown in drawing 19 is performed about all these combination of 323 copies, and if processing which calculates the value of "u, lambdaalpha, v, lambdabeta" about each is performed, "-> (r, g, b) (u, lambda alpha, v, lambdabeta) translation table" as shown in drawing 20 can be created. Once it creates such a translation table, since the combination color (u, lambda alpha, v, lambdabeta) which should be chosen about the pixel value (r, g, b) of arbitration can be immediately obtained using this translation table, it is convenient.

[0065] **4. Concrete display mode drawing 21 on a diffraction-grating record medium (a) It is drawing showing the condition of having displayed 2 pixels, by the approach concerning this invention. Pixels Q1 and Q2 are constituted from two sub-picture elements by each. The homogeneous light lambdaalpha1 is displayed on the 1st sub-picture element Q11 which constitutes a pixel Q1 with the brightness value u1, and the homogeneous light lambdabeta1 is displayed on the 2nd sub-picture element Q12 with the brightness value v1. Similarly the homogeneous light lambdaalpha2 is displayed on the 1st sub-picture element

Q21 which constitutes a pixel Q2 with the brightness value u_2 , and the homogeneous light $\lambda_{\beta 2}$ is displayed on the 2nd sub-picture element Q22 with the brightness value v_2 . By pixels Q1 and Q2, that arrangement with the 1st sub-picture element and the 2nd sub-picture element is as right-and-left ON ***** homogeneous-light λ_{β} which will display homogeneous-light λ_{α} displayed on the 1st sub-picture element on the 2nd sub-picture element if the procedure shown in drawing 19 is performed -- comparing -- always -- a long wave -- since it becomes a color by the side of merit (red side), it is for replacing λ_{α} and λ_{β} and securing the homogeneity of an overall color for every adjoining pixel. Drawing 21 (b) It is drawing showing the condition of having actually assigned the diffraction-grating pattern in a pixel Q1 and Q2.

[0066] Drawing 22 is drawing showing another example of the concrete display mode by the approach concerning this invention. This example shows one mode which displays the color picture which consists of a pixel matrix of a M line N train. Here, the pixel value (r, g, b) in an RGB system of color representation shall be given about each pixel arranged by this M line N train, respectively. In this example, as shown in the right-hand side of drawing 22, the unit sub-picture

element array which consists of two-line two trains is defined, and this unit sub-picture element array is assigned to each pixel. After all, one pixel will be expressed by four sub-picture elements. In order to display 1 pixel to which the pixel value (r, g, b) was given by the approach by this invention, it asks for the combination color (u, lambda alpha, v, lambdabeta) corresponding to this pixel value (r, g, b) first. This may perform the procedure shown in drawing 19 , and may use the table shown in drawing 20 .

[0067] Next, as the obtained combination color (u, lambda alpha, v, lambdabeta) is shown in drawing 23 , it is displayed on it. That is, 1st homogeneous-light lambdaalpha which constitutes combination color is displayed on the upper left of drawing, and a lower right sub-picture element with the brightness value u, and 2nd homogeneous-light lambdabeta which constitutes combination color is displayed on the lower left of drawing, and an upper right sub-picture element with the brightness value v. Of course, by the approach by this invention, since what is necessary is just to be able to display 1 pixel according to at least two sub-picture elements, the unit sub-picture element array of for example, one-line two trains may be used instead of the unit sub-picture element array of two-line two trains, but in this way, if the unit sub-picture element array of two-line two

trains is used, the configuration of a pixel and the configuration of a sub-picture element can be made the same. In addition, having arranged 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ at the upper left and the lower right, having arranged 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ at the lower left and the upper right in the example shown in drawing 23 , and having taken the so-called "tucking-up-its-sleeves-with-a-cord" arrangement if the procedure shown in drawing 19 is performed as mentioned above -- 1st homogeneous-light $\lambda\alpha$ -- 2nd homogeneous-light $\lambda\beta$ -- comparing -- always -- a long wave -- since it becomes a color by the side of merit (red side), it is for replacing $\lambda\alpha$ and $\lambda\beta$ and securing the homogeneity of an overall color.

[0068] By the way, it is possible to superimpose and record two or more images on the same side in a diffraction-grating record medium. Here, the example which applied this invention to such a superposition record mold medium is explained. The case where an image 1 and an image 2 as shown in drawing 24 are prepared now is considered. Any image shall consist of pixels allotted to seven-line seven trains, and the pixel value (r, g, b) in an RGB system of color representation shall be given to each pixel, respectively. When the pixel value

(r_1, g_1, b_1) is given to the view pixel of an image 1 and the pixel value (r_2, g_2, b_2) is now given to the view pixel of an image 2 paying attention to the pixel of eye four-line trains [five trains] shown in drawing 24 with the thick frame, it considers how the pixel of eye these four-line trains [five trains] should be displayed on a diffraction-grating record medium.

[0069] First, based on the pixel value expressed by the RGB system of color representation, one combination color is chosen, respectively. Here, to the pixel value (r_1, g_1, b_1) of the view pixel of an image 1, combination color ($u_1, \lambda_{\alpha 1}, v_1, \lambda_{\beta 1}$) is chosen, and suppose that combination color ($u_2, \lambda_{\alpha 2}, v_2, \lambda_{\beta 2}$) was chosen to the pixel value (r_2, g_2, b_2) which is the view pixel of an image 2. In this case, like the example shown in drawing 22 , the unit sub-picture element array of two-line two trains is defined to one pixel, and it is drawing 25 (a) about two combination color. It displays so that it may be shown. The 1st homogeneous light $\lambda_{\alpha 1}$ which constitutes the combination color by the side of an image 1 is displayed on the sub-picture element at the upper left of drawing with the brightness value u_1 . Namely, to the sub-picture element at the lower right of drawing The 2nd homogeneous light $\lambda_{\beta 1}$ which constitutes the combination color by the side of an image 1

is displayed with the brightness value v_1 . To the sub-picture element at the upper right of drawing The 1st homogeneous light $\lambda_{\alpha 2}$ which constitutes the combination color by the side of an image 2 is displayed with the brightness value u_2 , and the 2nd homogeneous light $\lambda_{\beta 2}$ which constitutes the combination color by the side of an image 1 is displayed on the sub-picture element at the lower left of drawing with the brightness value v_2 . And a gridline arrangement include angle is made into 0 degree about the upper left for displaying the combination color by the side of an image 1, and a lower right sub-picture element, and a gridline arrangement include angle is made into 45 degrees about the upper right for displaying the combination color by the side of an image 2, and a lower left sub-picture element.

[0070] Drawing 25 (b) It is drawing showing a difference of the diffraction-grating pattern of the diffraction grating whose arrangement include angle is 0 degree, and the diffraction grating whose arrangement include angle is 45 degrees. Thus, the geometric conditions on which the diffraction grating from which the arrangement include angle of a gridline differs can observe the diffracted light differ mutually. When the diffraction grating with an arrangement include angle of 0 degree and the diffraction grating with an arrangement include angle of 45

degrees are made intermingled on the same medium, therefore, for example When a medium is observed on some geometrical conditions (for example, condition which set the include angle of the medium to a look at the predetermined include angle) When only the diffracted light from a diffraction grating with an arrangement include angle of 0 degree is observed and this same medium is observed on another geometrical conditions, only the diffracted light from a diffraction grating with an arrangement include angle of 45 degrees is observed.

[0071] Considering the condition of observing this medium now on geometrical conditions by which only the diffracted light from a diffraction grating with an arrangement include angle of 0 degree is observed, it is drawing 25 (a). In the shown unit sub-picture element array, only an upper left sub-picture element and a lower right sub-picture element will be observed. Since each of these sub-picture elements is sub-picture elements which show the combination color by the side of an image 1, the pixel color by the side of an image 1 will be shown. Considering the condition of on the other hand observing this medium on geometrical conditions by which only the diffracted light from a diffraction grating with an arrangement include angle of 45 degrees is observed, it is drawing 25 (a).

In the shown unit sub-picture element array, only an upper right sub-picture element and a lower left sub-picture element will be observed. Since each of these sub-picture elements is sub-picture elements which show the combination color by the side of an image 2, the pixel color by the side of an image 2 will be shown. After all, though it is the same medium, if it observes on some conditions, an image 1 will be displayed, and an image 2 will be displayed when it observes on another conditions.

[0072] What is necessary is generally, to constitute one pixel, to change the gridline arrangement include angle of a diffraction grating for each class, and just to assign a different color picture for each class by collecting n sets of groups which consist of two sub-picture elements, in indicating two or more then a sheet of color picture by superposition.

[0073] **5. the listing device of a diffraction-grating record medium -- here, explain briefly an example of the equipment which creates the diffraction-grating record medium mentioned above based on the block diagram shown in drawing 26 . The color picture generation section 1 is constituted by the computer which carried graphics application software etc., and has the function which creates a color picture as a set of the pixel of a large number by which the pixel value in

three primary colors by the RGB system of color representation was defined. On the other hand, the color picture input section 2 is constituted by scanner equipment etc., and has the function to input a color picture, from the color copy drawn on space, a color film, etc. Even if it is the case where which equipment is used, the RGB pixel data of 32 gradation can be prepared as a result.

[0074] In this way, the prepared RGB image data are given to the transform-processing section 3. The transform-processing section 3 performs processing which changes into predetermined combination color (u , $\lambda\alpha$, v , $\lambda\beta$) the pixel value (r , g , b) which each pixel has. This transform processing turns into simple processing which lengthens a translation table 4 in fact. A translation table 4 is a table as shown in drawing 20 , and is beforehand created by the translation table generation section 5. The translation table generation section 5 has the function which creates a translation table 4 by performing the procedure shown in drawing 19 .

[0075] By the transform-processing section 3, specific combination color (u , $\lambda\alpha$, v , $\lambda\beta$) will be matched with each pixel. The pattern composition section 6 performs processing which assigns a predetermined pixel pattern about the pixel of these each. Various diffraction-grating pixel patterns as

shown in drawing 16 are prepared for the pixel pattern file 7. In fact, as shown in the chart of drawing 17 , the pixel pattern of a total of 320 copies is prepared in the pixel pattern file 7. If specific combination color (u , $\lambda\alpha$, v , $\lambda\beta$) becomes settled, one pixel pattern will be chosen by the combination of (u , $\lambda\alpha$), and another pixel pattern will be chosen by the combination of (v , $\lambda\beta$). After all, two pixel patterns will be chosen about one pixel. The pattern composition section performs processing which assigns two pixel patterns chosen in this way as a sub-picture element.

[0076] Since each pixel pattern is a diffraction-grating pattern, the data which the pattern composition section 6 outputs turn into diffraction-grating pattern data. This diffraction-grating pattern data is given to an electron beam exposure system 9 through the data format inverter 8. The data format inverter 8 is equipment which performs processing which changes the data format of the diffraction-grating pattern data created in the pattern composition section 6 into the data format which can deal with an electron beam exposure system 9. An electron beam exposure system 9 is common drawing equipment used for creation of a semi-conductor mask etc., draws a diffraction-grating pattern on a predetermined medium using an electron beam, and creates the

diffraction-grating original edition 10. Many diffraction-grating record media 12 can be created by the technique of printing by press equipment 11 using this diffraction-grating original edition 10.

[0077] Although the step of wavelength λ is set up at intervals of 25nm in the example shown in the chart of drawing 17 , as for this step, it is desirable to set up in consideration of the drawing resolution by the electron beam exposure system 9. Whenever [angle-of-diffraction], about the $\phi = 30$ -degree primary diffracted light, on wavelength, since a 25nm difference is equivalent to a 50nm difference in a diffraction-grating pitch, the electron beam exposure system 9 needs to have only the resolution which can fully draw this 50nm pitch difference. As for current and the electron beam exposure system generally used, it is common to have resolution of this level. If the step of wavelength λ is set up more finely and it prepares much combination color more in using an electron beam exposure system with more high resolution, the color expression with more high quality will be attained.

[0078] **6. Although the example which applied this invention has been stated in the example of the application former to the display using tunable laser when displaying a color picture on a diffraction-grating record medium, this invention

can be large in the general display field of a color picture, and can be applied to it. Here, the application to the display which used tunable laser is described.

[0079] Drawing 27 is the basic block diagram of the display unit using the common laser used conventionally. The components of this display unit are laser 21, 22, and 23, optical modulators 24, 25, and 26, a reflecting mirror 27 and dichroic mirrors 28 and 29, a reflecting mirror 30, a galvanometer 31, relay lenses 32 and 33, a rotating polygon 34, a reflecting mirror 35, and a screen 36. Laser 21, 22, and 23 generates the laser beam of the wavelength of three primary colors RGB, respectively, and these three laser beams pass along optical modulators 24, 25, and 26, respectively, and are compounded with a reflecting mirror 27 and dichroic mirrors 28 and 29. In this way, the compounded multicolor light laser beam is irradiated on a screen 36 through a reflecting mirror 30, a galvanometer 31, relay lenses 32 and 33, a rotating polygon 34, and a reflecting mirror 35. Here, since the vertical scanning of the spot on a screen 36 is carried out since a galvanometer 31 rotates in the direction of the arrow head of drawing, and a rotating polygon 34 also rotates in the direction of the arrow head of drawing, the horizontal scanning of the spot on a screen 36 is carried out. In this way, a 2-dimensional color picture will be displayed on a screen 36.

[0080] In such a display unit, in order for the three primary colors of RGB to express 1 pixel too, problems, such as a fall of resolution and a color gap, will arise. If this invention is applied to this equipment, a display unit as shown in drawing 28 can be constituted. This equipment permutes the component of the light source section circumference in equipment conventionally which is shown in drawing 27 , and the light source section circumference is constituted as resemble tunable laser 41, the wavelength modulator 42, the modulator 43 on the strength, and a control unit 44.

[0081] The wavelength modulator 42 has the function which controls the oscillation wavelength of tunable laser based on the given wavelength modulating signal. If modulation actuation of changing wavelength continuously over a predetermined visible wavelength region as wavelength modulation actuation can be performed, it is ideal, but it is enough if modulation actuation which chooses some discrete wavelength can be performed. For example, if it has composition which can choose any one of ten kinds of wave numbers λ_1 - λ_{10} (425nm - 650nm) shown in the chart of drawing 17 , the almost same color picture display as the example of the diffraction-grating record medium mentioned above will be attained. Anyway, this tunable laser 41 and the

wavelength modulator 42 will constitute the homogeneous-light light source with the function which makes the homogeneous light the shape of a beam and is generated.

[0082] The modulator 43 on the strength is equipment with the function which modulates continuously or discretely the reinforcement of the laser beam generated with tunable laser 41, and a laser beam will be outputted from this modulator 43 on the strength by the reinforcement directed with the modulating signal on the strength. Although this laser beam will pass along the optical system after a reflecting mirror 30 and a screen 36 will finally irradiate as a spot, the configuration of such optical system is the same as the thing of the conventional display unit mentioned above. However, conventionally, with equipment, to the beam irradiated by the screen 36 having been multicolor light, a homogeneous-light beam will be irradiated by the screen 36 and the spot formed on a screen 36 turns into a spot of the homogeneous light with this equipment. In addition, since the beam which passes along optical system becomes the homogeneous light in this way, it is also possible to substitute this equipment for a cheap diffraction grating instead of the expensive rotating polygon 34.

[0083] A control unit 44 has the function to give a wavelength modulating signal (signal which specifies wavelength) to the wavelength modulator 42, and to give a modulating signal (signal which specifies reinforcement) on the strength to the modulator 43 on the strength.

[0084] The signal which shows predetermined wavelength λ_{α} as a wavelength modulating signal is given, if the signal which shows the predetermined reinforcement u to coincidence as a modulating signal on the strength was given to now and the 1st moment, at the time, on a screen 36, the homogeneous light of wavelength λ_{α} is irradiated by reinforcement u , and the 1st spot is formed then. Then, the signal which shows predetermined wavelength λ_{β} as a wavelength modulating signal is given, if the signal which shows the predetermined reinforcement v to coincidence as a modulating signal on the strength was given to the 2nd moment, at the time, on a screen 36, the homogeneous light of wavelength λ_{β} is irradiated by reinforcement v , and the 2nd spot is formed then. Thus, two spots will be formed by time sharing and the pixel which consists of two sub-picture elements will be displayed on a screen 36 like the example which has the 2nd sub-picture element, then so far described the 1st sub-picture element and the 2nd spot for

the 1st spot. Then, timing is doubled at the time of the scan of each pixel location, and if control which gives suitably the predetermined wavelength modulating signal and the predetermined modulating signal on the strength for realizing combination color which should be displayed on the pixel is performed, it will become possible to display a desired color picture on a screen 36.

[0085] **7. Describe the example which applied this invention to the application last to a color printer to the color printer. Drawing 29 is the basic block diagram of the color printer concerning this this invention. This color printer has the ink attaching part 51, the ink holdfast 52, and a control unit 53. Two or more ink is held at the ink attaching part 51. These ink supports two or more homogeneous lights defined with discrete wavelength distribution within predetermined visible wavelength, respectively. In the example of illustration, the wavelength of 425nm, 450nm, 475nm, --, ten kinds of ink corresponding to each of ten kinds of discrete homogeneous lights (625nm and 650nm) are prepared.

[0086] But in having used the reflected light from the ink usually used unlike a laser beam or the diffracted light from a diffraction grating, this invention is unrealizable. In order to apply this invention to a color printer, ink with fluorescence or phosphorescence will be used. Therefore, two or more ink

prepared in the ink attaching part 51 should just be ink with the spectral characteristics corresponding to specific wavelength once. For example, what is necessary is just to use practically "ink for which it comes to the location whose peak location of a fluorescence spectrum is about 500nm", although it is desirable as "ink corresponding to the wavelength of 500nm" to use ideally "the ink in which the fluorescence of a line spectrum with a wavelength of 500nm is acquired." In short, **** which it "ink [corresponding to the homogeneous light]" Comes to set on these specifications means "ink for which the peak location of the spectrum obtained when the ink is observed comes to the homogeneous-light location mostly."

[0087] The ink holdfast 52 has the function to make the ink specified among two or more ink currently held in this ink attaching part 51 adhere in the consistency or area specified as the specified location of the predetermined screen 54 (usually space). A control unit 53 performs assignment of assignment of ink, assignment of a location, a consistency, or area to this ink holdfast 52.

[0088] Supposing it gives now the 1st control signal which makes predetermined ink λ_1 adhere to the location of the sub-picture element Q31 on the screen 54 in area u1 with a control unit 53, the layer of ink λ_1 will be

formed in the viewing area which consists of a predetermined area within a sub-picture element Q31 like illustration. Then, supposing it gives the 2nd control signal which makes predetermined ink $\lambda\beta_1$ adhere to the location of the sub-picture element Q32 on the screen 54 in area v_1 with a control unit 53, the layer of ink $\lambda\beta_1$ will be formed in the viewing area which consists of a predetermined area within a sub-picture element Q32 like illustration. Here, if a pixel Q3 is constituted, the combination color expressed with a vector composition type " u_1 and $\lambda\alpha_1 + v_1$, and $\lambda\beta_1$ " will be displayed on a pixel Q3 by these sub-picture elements Q31 and Q32. But although the color expression based on radical Motohara ** of this invention is not necessarily correctly performed since $\lambda\alpha_1$ and $\lambda\beta_1$ do not become perfect homogeneous-light wavelength as mentioned above, it does not become a practically big problem.

[0089] By the pixel Q3 mentioned above, although luminescence brightness is controlled by area to which ink is made to adhere, the example which performed brightness control with the consistency to which ink is made to adhere is shown as a pixel Q4. What is necessary is just to give the 2nd control signal which makes predetermined ink $\lambda\beta_2$ adhere to the location of the sub-picture

element Q42 on the screen 54 by the consistency v_2 , while giving the 1st control signal which makes predetermined ink $\lambda\alpha_2$ adhere to the location of the sub-picture element Q41 on the screen 54 by the consistency u_2 with a control unit 53, in order to display this pixel Q4. Although it adheres to ink in all the fields of sub-picture elements Q41 and Q42, a consistency becomes a different thing, respectively.

[0090]

[Effect of the Invention] In order to perform a color picture display by expressing 1 pixel by two kinds of homogeneous lights as above according to this invention, compared with the display using the conventional three primary colors, display brightness and resolution can be raised and generating of a color gap can be suppressed.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] When displaying a color picture on display units, such as CRT, it is drawing showing the color solid of the RGB system of color representation generally used.

[Drawing 2] It is drawing showing the color solid of the XYZ color system which can express the homogeneous light of a visible wavelength region with a forward pixel value.

[Drawing 3] It is XY chromaticity diagram which expressed the XYZ color system shown in drawing 2 on the 2-dimensional flat surface.

[Drawing 4] In XY chromaticity diagram shown in drawing 3 , when the two homogeneous lights equivalent to two on the spectrum closed curve S predetermined are compounded, it is drawing showing the principle which can express the color on the segment L which connects the two points.

[Drawing 5] It is XY chromaticity diagram showing the color expression approach at the time of fixing one homogeneous light.

[Drawing 6] It is drawing showing the spectral sensitivity characteristic of the cone in human being's eyeball.

[Drawing 7] It is drawing for explaining the principle which performs a color expression by composition of the two homogeneous lights as vector composition in an XYZ color system.

[Drawing 8] It is XY chromaticity diagram showing the color expression approach by the combination of the homogeneous light of the finite individual which carried out discrete distribution.

[Drawing 9] It is drawing showing the air clearance on the color solid of the predetermined pixel color $P(x, y, z)$ and vector combination color which were expressed by the XYZ color system.

[Drawing 10] It is drawing explaining the outline of the method of presentation of

the color picture concerning this invention.

[Drawing 11] It is the side elevation showing the condition of observing the general diffraction grating G.

[Drawing 12] It is drawing showing an example of two or more diffraction-grating patterns with which the area of the diffraction-grating formation field V differs.

[Drawing 13] It is drawing showing an example of two or more diffraction-grating patterns with which the area and the gridline pitch of a diffraction-grating formation field differ from each other.

[Drawing 14] It is drawing showing the assignment mode in the case of actually performing a color picture display using the diffraction-grating pattern shown in drawing 13.

[Drawing 15] Drawing 14 (a) It is drawing showing the condition of having actually assigned the diffraction-grating pattern on the medium, based on the shown assignment mode.

[Drawing 16] It is drawing showing an example of the diffraction-grating pattern prepared when applying this invention to the color picture method of presentation using a diffraction grating.

[Drawing 17] It is drawing shown by using as a chart the diffraction-grating

pattern shown in drawing 16 .

[Drawing 18] It is drawing showing the air clearance and its calculation approach on the color solid of the predetermined pixel color $P(x, y, z)$ and vector combination color which were expressed by the XYZ color system.

[Drawing 19] In the approach concerning this invention, it is the flow chart showing an example of the procedure of the processing which chooses the combination color $(u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta)$ of the near based on the pixel value (r, g, b) expressed by the RGB system of color representation.

[Drawing 20] It is drawing showing $\rightarrow (r, g, b) (u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta)$ translation table obtained by performing processing shown in drawing 19 .

[Drawing 21] It is drawing showing the condition of having displayed 2 pixels, by the approach concerning this invention.

[Drawing 22] It is drawing showing an example of another display mode concerning this invention.

[Drawing 23] It is drawing showing the condition of having displayed 1 pixel, by the display mode shown in drawing 22 .

[Drawing 24] In this invention, it is drawing explaining how to superimpose and record two or more images on the same side.

[Drawing 25] It is drawing showing the condition of having displayed 1 pixel, by the approach shown in drawing 24 .

[Drawing 26] It is the block diagram showing an example of the equipment which creates a diffraction-grating record medium by the approach concerning this invention.

[Drawing 27] It is the basic block diagram of the display unit using the common laser used conventionally.

[Drawing 28] It is the basic block diagram of the example which applied this invention to the display unit shown in drawing 27 .

[Drawing 29] It is the basic block diagram of the example which applied this invention to the color printer.

[Description of Notations]

1 -- Color picture generation section

2 -- Color picture input section

3 -- Transform-processing section (r, g, b) (-> (u, λ alpha, v, λ dalpha))

4 -- Translation table

5 -- Translation table generation section

6 -- Pattern composition section

7 -- Pixel pattern file

8 -- Data format inverter

9 -- Electron beam exposure system

10 -- Diffraction-grating original edition

11 -- Press equipment

12 -- Diffraction-grating record medium

21, 22, 23 -- Laser

24, 25, 26 -- Optical modulator

27 -- Reflecting mirror

28 29 -- Dichroic mirror

30 -- Reflecting mirror

31 -- Galvanometer

32 33 -- Relay lens

34 -- Rotating polygon

35 -- Reflecting mirror

36 -- Screen

41 -- Tunable laser

42 -- Wavelength modulator

43 -- Modulator on the strength

44 -- Control unit

51 -- Ink attaching part

52 -- Ink holdfast

53 -- Control unit

54 -- Screen (space)

C -- Vector which shows combination color

d -- Air clearance within a color solid

G -- Diffraction grating

P -- Point in a color solid

P11-P15 -- Diffraction-grating pattern

p -- Gridline pitch

Q -- Point in a color solid

Q1, Q2, Q3, Q4 -- Pixel

Q11, Q12, Q13, Q21, Q22, Q31, Q32, Q41, Q42 -- Sub-picture element

S -- Spectrum closed curve

V -- Diffraction-grating formation field

u, v, u1, v1, u2, v2 -- The multiplier of a vector composition type, a brightness

value, a concentration value, value on the strength

λ_{α} , $\lambda_{\alpha 1}$, $\lambda_{\alpha 2}$ -- Vector which shows the wavelength of the 1st homogeneous light and the 1st homogeneous light, and the 1st homogeneous light

λ_{β} , $\lambda_{\beta 1}$, $\lambda_{\beta 2}$ -- Vector which shows the wavelength of the 2nd homogeneous light and the 2nd homogeneous light, and the 2nd homogeneous light

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.